Anatomische Anstalt der Universität Berlin.
(Vorstand: Geheimer Medizinalrat Prof. Dr. Rudolf Fick).

Die Lage der Rippenachsen an der Brustwirbelsäule in ihrer Abhängigkeit von den Krümmungen der Wirbelsäule und dem Bau des einzelnen Wirbels.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Medizinischen Doktorwürde an der Friedrich-Wilhelms - Universität zu Berlin

vorgelegt von

Heinz Witzleb
aus Zeitz

Tag der Promotion: 1. Mai 1934

312

Gedruckt mit Genehmigung
der
Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: **Herr Prof. Dr. Gocht**
Referent: **Herr Geheimrat Prof. Dr. R. Fick**

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Nicht einzeln im Buchhandel käuflich.

Sonderabdruck aus „Zeitschrift für orthopädische Chirurgie". 58. Bd. 1933.
Herausgegeben von Prof. Dr. G. A. WOLLENBERG, Berlin.
Verlag von FERDINAND ENKE in Stuttgart.

Dem Andenken Konrad Biesalskis gewidmet.

Aus der Anatomischen Anstalt der Universität Berlin
(Vorstand: Geheimer Medizinalrat Prof. Dr. Rudolf Fick).

Die Lage der Rippenachsen an der Brustwirbelsäule in ihrer Abhängigkeit von den Krümmungen der Wirbelsäule und dem Bau des einzelnen Wirbels.

Von cand. med. **Heinz Witzleb.**

Mit 25 Abbildungen und 16 Übersichtstafeln.

Zusammenfassung. An sechs Brustkörben wurde die Lage aller festen Rippenachsen bestimmt und auf die waagerechte Ebene, die Stirnebene und die Mittelebene übertragen als Hilfsmittel räumlicher Anschauung.

Es werden danach die wirklichen Winkel der Rippenachsen mit den drei Ebenen trigonometrisch berechnet und ihre Lage erstens auf die Krümmungen der Wirbelsäule in der Stirnebene und der Pfeilebene zurückgeführt, zweitens auf die Stellung des einzelnen Wirbels im Verband der Wirbelsäule, drittens auf die Stellung der Querfortsätze an den einzelnen Wirbeln und der Lage der Gelenkflächen an den Querfortsätzen.

Von besonderer Bedeutung für die vielen Abweichungen der Lage der Rippenachsen sind die Ungleichheiten in der Stellung der Querfortsätze eines Wirbels. Die bisher vernachlässigte Stellung der Querfortsätze der Wirbel und die Lage der Rippengelenkfläche an diesen ist daher noch einer genauen Untersuchung zu unterziehen.

Zur Beurteilung der Wirbelsäulenverkrümmungen und den dadurch bedingten Abweichungen der Rippenbewegung ist es nach einer Mitteilung des verstorbenen Professors Biesalski für die Orthopäden von Wert, die Lage aller Rippenachsen am Brustkorbe zu kennen. Er beabsichtigte, in seinem geplanten Lehrbuche der Orthopädie davon eine Darstellung zu bringen und wandte sich deswegen an die Anatomische Anstalt in Berlin.

Es konnten ihm darüber nur die Rippenachsen an einer von A. Virchow nach Form aufgestellten Wirbelsäule gezeigt werden in ihrer Übertragung auf die Mittelebene, die stirnrechte und waagerechte Ebene, die von Dr. Friedel für den einen Fall festgestellt war. Die Unregelmäßigkeiten an der recht

regelmäßig gebauten Wirbelsäule ließen es wünschenswert erscheinen, die Untersuchung an verschiedenen Wirbelsäulen zu wiederholen.

Herr Geheimrat Fick gestattete, einige Brustkörbe vom Präpariersaal zu benutzen, und Herr Dr. Friedel stellte mir seine Vorarbeiten zur Verfügung, damit die Anregung eines hervorragenden Orthopäden nicht in Vergessenheit geraten soll.

Ich bin besonders Herrn Geheimrat Fick für die Erlaubnis zu großem Dank verpflichtet, nicht zuletzt aber auch Herrn Dr. Friedel für die Überlassung der Vorarbeiten und für Rat und Beistand.

In der anatomischen Betrachtungsweise findet sich in den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts ein bedeutsamer Umschwung, der in den anatomischen Lehrbüchern der Zeit vorher und nachher zum Ausdruck kommt, besonders bei der Behandlung der gelenkigen Verbindungen des Körpers insbesondere der Rippenbewegung.

Im Jahre 1843 war das Handbuch von Carl Friedrich Krause erschienen, der die Rippenbewegung mit folgenden Worten abtut: Die Rippen, als Gabelarme betrachtet, haben einen doppelten Unterstützungspunkt an den Körpern und Querfortsätzen der Wirbelbeine und werden auf diesen aufwärts und auswärts gehoben, wobei die meisten Rippen ihren unteren Rand nach außen wenden. Diese Bewegungen finden in der Regel an allen Rippen gleichmäßig statt und werden auf das Brustbein übertragen usw.

Diese Anschauung wurde vertreten, obwohl vorher schon nach Angaben R. Ficks Th. Fr. Trendelenburg vor 160 Jahren recht genaue Angaben über den Verlauf der Rippenachsen gemacht hatte.

Arnold brachte in seinem Handbuch der Anatomie 1845 auch nichts anderes als Krause und Hyrtl 1846 noch weniger. Ganz anders Henle und Hermann Meyer. Des ersteren Handbuch war Februar 1855 erschienen, das von Hermann Meyer im August 1855. Es ist, als ob das Zeitalter der Maschinen und der Technik sich schon bei der Betrachtung des menschlichen Körpers ankündet.

Henle sagt dort von der Rippenbewegung: Die ergiebigste Bewegung ist die Drehung um eine Achse, welche annähernd transversal das Gelenk des Köpfchens und Höckers miteinander verbindet. Durch Aufwärtsdrehung um diese Achse wird die Rippe gehoben.

Erst hier findet sich zum ersten Male als kürzester Ausdruck einer Bewegung die Lage der Bewegungsachse angegeben.

Hermann v. Meyer behandelt „den Mechanismus“ der Rippen an dem Beispiele des 1. und 7. Rippenpaares, an denen sich „die typischen Bewegungen aller Rippen am schärfsten hinstellen“. „Wir haben ja einen knöchernen Ring, dessen Fläche um eine durch beide Kapitula gelegte Achse gedreht und dadurch der Wirbelsäule genähert und von ihr abgehoben werden kann. Dazu kommt in der 7. Rippe noch die Gestalt, Biegung und Elastizität des

Rippenknorpels." Er folgert daraus, daß die Gelenke der Rippen an der Wirbelsäule Drehgelenke sind, deren Spitzenband das Ligamentum capituli costae intermedium ist.

Die Articulatio capituli costae und die Articulatio costotransversaria sind kombinierte Gelenke, indem sie dieselbe Achse besitzen, und bilden demnach im mechanischen Sinne das eine Drehgelenk des hinteren Endes der Rippe.

Gegenüber gegnerischen Stimmen wie Budges, der eine Achse durch das Rippenköpfchen und das vordere Rippenknorpelende annahm, wandte sich Helmholtz und stellte sich auf die Seite Henles und Meyers.

Damit war eine Grundlage für das Verständnis der Rippenbewegungen geschaffen und es blieben nur noch die Einzelheiten festzustellen übrig, besonders eine genaue Angabe der Achse.

Meißner stellte 1856 fest, daß vermöge der Richtung der Processi transversi sich die Lage der Drehachse beträchtlich verändert. Über die Meßart sagt er, daß er bei einem wohlgebauten weiblichen Brustkorbe auf trigonometrischem Wege die Winkel gemessen hat, welche die die Mitte der beiden Gelenkenden verbindende Gerade mit der Frontalebene einschließt. Und an anderer Stelle, daß die Drehungsachsen der Rippen auch von oben und innen nach außen etwas abwärts geneigt sind, eine Neigung, die von oben nach unten zunimmt. Gemessen wird nur der Winkel mit der Frontalebene, die anderen Winkel nicht.

Henke (Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke, 1863) bohrt als Achse einen Stift durch die Spitze des Köpfchens und durch die Dicke des Tuberkulum, der bei Bewegungen stillsteht und sich dadurch als Achse ausweist. Von der horizontalen Richtung weiche die Drehungsachse nur wenig ab.

Aeby nennt in seinem Bau des menschlichen Körpers 1871 die Verbindung beider Gelenke an Rippenköpfchen und Querfortsatz durch eine gemeinsame Drehachse ein einfaches Zylindergelenk, dessen Achse mit derjenigen des hinteren Rippenendes zusammenfällt.

H. v. Meyer (1873) glaubte, aus der Gestalt und Lagerung der Gelenkflächen sie als Teile eines Kegelmantels ansehen zu können, dessen Spitze durch das Ligamentum interarticulare gebildet wird. Da die Kleinheit der Gelenkflächen nicht erlaubt, aus ihm die Achsenlage zu ermitteln, schließt er aus der Bewegung der Rippen, daß die Achse vor dem Rippenhalse in horizontaler Richtung quer nach außen und, wie es scheint, etwas nach hinten geht.

Aeby und H. v. Meyer verzichten auf die genaue Festlegung. Ja Meyer widerspricht sich, wenn er jede der Achsen etwas nach hinten gehen läßt und doch die Achse beider Seiten eine „Continua" sein soll, und man soll sich durch beide Rippenköpfchen eine quer verlaufende Achse denken können, um die sich der Rippenring bewegt.

Besonders beschäftigte sich A. W. Volkmann mit der Lage der Rippenachsen (Zur Mechanik des Brustkastens, 1876).

Er befestigt einen Wirbel in der Lage, welche ihm bei aufrechter Stellung des Körpers zukommt, auf einem Tische und spannt über denselben zwei feine Fäden durch den Mittelpunkt der Fovea costalis des Querfortsatzes und das scheinbare Zentrum der Basis des kegelförmigen Rotationskörpers. Diese schneiden sich über dem Wirbelkörper und bilden Winkel von bestimmter Größe. Diese Meßart befriedigte ihn nicht und er wandte noch eine zweite Achsenbestimmung an durch Visieren eines Punktes einer bewegten Rippe; denn senkrecht zu dieser Bewegungsbahn muß die Achse verlaufen. Er berechnete damit nur den Winkel, den die Achse mit der Medianebene bildet, ohne die Punkte zu bestimmen, durch die die genaue Lage der Achse bestimmt ist. Damit nimmt auch er an, daß die Drehachsen angenähert in waagerechten Ebenen liegen.

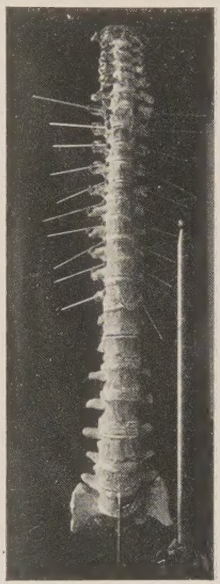
Eine weitere Bearbeitung brachte Landerer, der auch horizontale Ebenen für die Rippenachsen annahm. Er wandte das Verfahren von Henke an, indem er Achsenstifte gleich in die Richtung des Halses einsteckte und nun bei künstlichem Aufblasen des Brustkorbes so lange die Stellung änderte, bis die Achse unbeweglich blieb. „Die Zahl der hierzu nötigen Stellungsänderungen war stets eine sehr große", bemerkt er dazu. Da die 25 cm langen Stifte noch als Schreibhebel zu dienen hatten, müssen sie eine gewisse Stärke gehabt haben. Es bleibt demnach zweifelhaft, wie die Dünne des Rippenhalses die vielen Durchbohrungen aushalten kann. Es zeigte sich bei der Nachprüfung, daß das Verfahren nur mit sehr dünnen Drähten, die wieder den Nachteil des Verbiegens haben, durchführbar ist. Doch bekommt man einen Blick für die Stelle des Anbohrens, die sich an der Basis des Rippenhöckerchens befindet. Jedoch kann man dann nicht behaupten, daß bei annähernd senkrecht stehendem Brustbein — so steht es ja im aufrechten Körper — die Achsenebenen waagerecht verliefen; denn diese Ebenen hängen ja ganz und gar von der Stellung der Wirbelsäule ab.

Zusammenfassend behandelt die bisherigen Ergebnisse Strasser in seiner Muskel- und Gelenkmechanik 1908—1917. Er schloß sich mehr Aeby an, der beide Gelenkflächen einer Seite als Teile eines Zylindermantels angesehen hatte. Strasser machte auch einen Unterschied zwischen oben und unten, indem an den oberen Rippen die Achse mit der Mittellinie des Rippenhalses zusammenfällt, während weiter unten die Achse durch die Gelenkfläche selbst geht und an den untersten durch die Spitze des Querfortsatzes oder gar hinter ihm vorbei zieht. Das wäre nur möglich bei einer umgekehrten Krümmung der Gelenkflächen.

Vor Strasser hatte R. Fick in seinem Handbuch der Gelenk- und Muskelmechanik einen Überblick der Ergebnisse gegeben. Eine genaue Nachprüfung der Zeitpunkte der einzelnen Veröffentlichungen zeigte, daß

Helmholtz nicht der Anreger war, sondern Henle und Hermann v. Meyer. Er schließt sich im wesentlichen an Meißners Untersuchungen an. Meißner hatte angenommen, daß gerade die verschiedene Lage der Gelenkflächen an den Querfortsätzen die durch die verschiedene Richtung der Querfortsätze bedingten Abweichungen von der waagerechten Richtung der Achsen wieder ausgliche. — Er hatte die Achsenlage bestimmt durch Verbindung der Mitten beider Gelenkflächen. — Für das Wirbelkörpergelenk ließe sich das rechtfertigen, doch nicht für das Querfortsatzgelenk. Daher nimmt R. Fick die Mittelpunkte beider Gelenke, nicht wie Meißner der Gelenkflächen, als Bestimmungspunkte der Achsen an. Das bedeutet, daß man die Mittelpunkte beider kleinen Pfannen miteinander verbindet; denn die Achse ist ebenso abhängig von der Pfanne wie vom Kopf des Gelenkes. Für die Feststellung aller Achsen einer Wirbelsäule wäre nur als Vorbedingung eine mittlere Stellung der Wirbelsäule vorher festzulegen.

Abb. 1.



Von Dr. Friedel zur Verfügung gestellte Abbildung der von ihm zur Messung benutzten Wirbelsäule Nr. VI mit den durch Glasstäbchen dargestellten Achsen, die auf den Plastilinkügelchen ruhen.

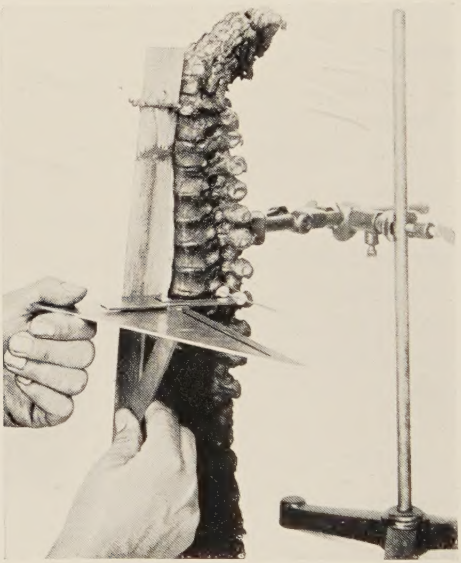
Zur Untersuchung standen fünf Wirbelsäulenstücke von auf dem Präpariersaal bearbeiteten Brustkörben zur Verfügung. Nach Abtragung der Rippen wurden die Gelenkflächen sauber freigelegt. Es schien am besten, die Stellung, die die Präparate gerade inne hatten, für die Messung zu verwenden, ohne irgendwelche gewaltsamen Veränderungen der Krümmung vorzunehmen. An der Vorderseite der Wirbelsäulen wurde dann ein auf beiden Seiten mit einer Maßeinteilung versehenes Lineal mit seiner Fläche in der Mittelebene liegend angebracht, dergestalt, daß die der Wirbelsäule zugekehrte Kante des Lineals den oberen Rand des 1. und den unteren Rand des 12. Brustwirbels in ihren Mittelpunkten berührte.

Nach den Angaben von Herrn Dr. Friedel, der das Meßverfahren an einer nach Virchows Formverfahren aufgestellten Wirbelsäule bereits angewandt hatte, wurden auf die Gelenkpfannen des Wirbelkörpers und des Querfortsatzes der Größe und der Krümmung derselben entsprechende, jedesmal neu geformte Kügelchen entsprechend der Pfannengröße aus Plastilin aufgesetzt. Ein durch den Mittelpunkt dieser Kügelchen gelegtes Glasstäbchen gibt die Lage der Rippenachse an. Die Kugeln werden danach dem Glasstäbchen entlang in der Mitte durchgeschnitten, um so den Mittelpunkt der Kugeln dem Meßwerkzeug zugänglich zu machen. Durch die Mittelpunkte beider Kugeln ist der Verlauf der Achse bestimmt. Hat man die Punkte im Raume festgelegt, so kann man ohne Schwierigkeit den Verlauf der Achse zu allen drei Ebenen in

der Projektion zeichnerisch darstellen oder auch auf trigonometrischem Wege berechnen.

Durch die Lage des eben erwähnten Lineals wird die Mittelebene dargestellt, auf die die Messungen bezogen werden. Der Nullpunkt der Zentimetereinteilung des Lineals wird genau in Höhe des Mittelpunktes des obersten Wirbelkörpergelenkes angenommen. Die Stirnebene steht senkrecht zur Mittelebene und geht durch die Berührungspunkte am 1. und 12. Brustwirbel. Die Ebenen, die zu Mittel- und Stirnebene senkrecht verlaufen, werden als die waagerechten Ebenen für jedes Rippenpaar angesehen. Unter den vielen

Abb. 2.



Anlegung des Meßdreiecks mit Hilfe eines Winkelmaßes.

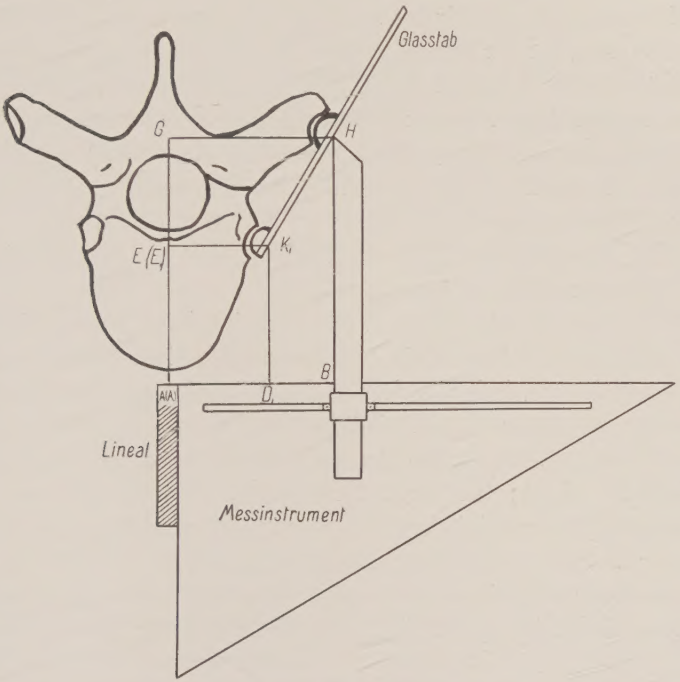
Wirbelsäulenhaltungen des Lebenden werden sicher auch Fälle vorkommen, wo die gewählten Punkte am 1. und 12. Brustwirbel senkrecht übereinander liegen, z. B. auf dem Brauneschen Mittelschnitt (abgebildet bei R. Fick, Bd. III, S. 37). Damit würden die hier angenommenen Waagerechten auch für die Wirbelsäule des Lebenden Geltung haben.

Die Untersuchung soll sich auf die Lage aller Rippenachsen bei einer in dieser Haltung ruhenden Wirbelsäule erstrecken. Welche Lage die Achsen bei den verschiedenen Bewegungen einnehmen, ist eine andere Frage, die sich nur an frischen Bänderwirbelsäulen klären läßt.

Es muß nun in jeder der drei Ebenen die Lage jeweils der beiden Punkte bestimmt werden, durch die eine Rippenachse bestimmt ist. Wir erhalten damit die Übertragung der Achsen auf die waagerechte Ebene, auf die Mittel- und Stirnebene.

Das Meßwerkzeug wurde nach Angaben von Herrn Dr. Friedel angefertigt. Es besteht aus einer rechtwinklig-dreieckigen Platte aus Metall, die etwa 1 cm vom Rande entfernt gleichgerichtet der längeren Kathete einen etwa 2 mm breiten Ausschnitt trägt, in dem sich ein Schieber befindet. Er kann in dem Ausschnitt wie in einer Schiene leicht hin und her bewegt werden. Der Schieber trägt rechtwinklig zu seiner eigenen Verlaufsrichtung ein kleines,

Abb. 3.



Schematische Darstellung der Anwendung des Friedelschen Meßdreiecks zur Bestimmung der Lage der Rippenachsen.

Der Glasstab stellt die auf der Ebene der Zeichnung (waagerechte Ebene) im Aufriß dargestellte Achse dar. Er ruht auf den beiden Halbkügelchen aus Plastilin. Die Punkte H und K' liegen nicht in derselben waagerechten Ebene, sondern der eine von beiden befindet sich in einer Ebene, die der der Zeichnung parallel verläuft darüber oder darunter. Die Linien AB und BH sind die für die Festlegung des Punktes H nötigen Größen. Dasselbe gilt von den Strecken $A'D'$ und $D'K'$ für den Punkt K'.

Für weiter unten: $BH = a$; $D'K' = b$;
$AB = c$; $A'D' = d$.

in seiner Längsrichtung ebenfalls verschiebbares Lineal, das vorne spitz zuläuft, um genau auf einen bestimmten Punkt eingestellt werden zu können.

Das Meßdreieck wird mit seiner Fläche mit Hilfe eines Winkelmaßes senkrecht an das Lineal gelegt, so daß die kleine Kathete dem Lineal anliegt und die große Kathete in der durch die hintere Kante des Lineals bezeichneten Stirnebene liegt. Durch Einstellung der Spitze des Schiebelineals auf die Mittelpunkte der Rippengelenke ist deren Entfernung von der Mittel- und

von der Stirnebene zu messen. Die Höhenlage des Meßdreiecks bei der Einstellung auf die Punkte ist an der Millimetereinteilung des Lineals abzulesen.

Nach diesem Verfahren wurden von Herrn Dr. Friedel, wie oben erwähnt, eine und von mir fünf Wirbelsäulen vermessen. Die erstere wird als Nr. 6 in den Aufstellungen geführt. Mittels dieser Zahlenwerte wurden sodann die Achsen zeichnerisch in der Projektion auf die waagerechte Ebene festgehalten. Diese Linien bieten kein unbekanntes Bild. In der Zeichnung kennzeichnet der Nullpunkt den Schnittpunkt der Stirn- und Mittelebene.

Diese Messungen können mit der von R. Fick gegebenen Übersichtstafel (II) verglichen werden, bei der eine allgemeine Übereinstimmung unter den Untersuchern festzustellen war, mit Ausnahme des Winkelunterschiedes zwischen erster und zweiter Achse. Fick nimmt an, daß zwischen diesen beiden eine größere Schwankungsbreite vorliegt. Das hat sich nicht ganz bestätigt. Die hier gefundenen Werte für die erste Achse kommen aber den Ergebnissen R. Ficks näher als denen Meißners und Henkes. Der Unterschied mit den Meißnerschen Ergebnissen erklärt sich aus dem Meßfehler, von Mitte zu Mitte der Pfannenfläche zu messen.

Das Mittel aus den gefundenen Werten scheint, soweit die geringe Anzahl der untersuchten Wirbelsäulen ein Urteil erlaubt, auf eine Gruppeneinteilung der Rippen zu deuten, indem zwischen den Winkeln der ersten und zweiten Rippenachse ein großer Unterschied besteht, ebenso an den Winkeln der achten und neunten. Es ergäbe das drei Gruppen: Rippe I; Rippe II bis VIII; Rippe IX bis X; dazu noch XI und XII als ganz frei beweglich. Die Schwankungsbreite der Winkelgrößen ist am größten an den Gruppengrenzen, d. h. an der zweiten und achten Rippe. Siehe die Übersichtstafel III A. B. Die Untersuchung wird sich danach auch darauf zu erstrecken haben, ob sich noch andere Kennzeichen für diese Gruppeneinteilung finden lassen.

Übersichtstafel I.

Winkelgrade der Rippenachsen mit der Stirnebene, gemessen in der Übertragung auf die waagerechte Ebene.

	Wirbelsäule												Mittelwerte
	I		II		III		IV		V		VI		
	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	r.	l.	
I	31	32	28	30	24	25	30	24	14	20	33	24	26,2
II	40	48	34	43	46	47	32	36	27	37	57	35	40,2
III	39	48	45	38	48	53	51	42	35	36	52	50	44,8
IV	43	42	42	46	50	44	53	45	32	45	61	47	45,9
V	39	40	48	38	49	43	53	41	31	48	56	51	44,8
VI	45	39	55	47	52	42	47	47	32	40	58	55	46,4
VII	57	43	46	55	54	28	49	47	29	44	52	48	46,0
VIII	54	55	53	49	59	54	33	49	39	49	73	44	50,9
IX	55	52	50	58	63	65	—	—	43	—	65	48	55,4
X	68	56	61	64	62	60	—	—	53	—	—	55	59,9

Die bisherigen Untersuchungen der Rippenachsen setzten alle voraus, daß die Winkel eines Achsenpaares beiderseits gleich groß seien. Deshalb wurde angenommen, daß die beiden Achsen eines Rippenpaares, noch dazu in einer Ebene liegend gedacht, sich in der Mittelebene schneiden müßten. Aus den Zeichnungen geht hervor, daß doch nennenswerte Abweichungen von der Mittelebene vorhanden sind. Zudem sei darauf hingewiesen, daß es sich bei den meisten Achsen nicht um wirkliche Schnittpunkte handelt, sondern nur um Überschneidungen in der Projektion auf die waagerechte Ebene.

Übersichtstafel II.

Winkelgrade der Rippenachsen mit der Stirnebene nach bisherigen Messungen (Zusammenstellung von R. Fick).

	Trendelenburg 1779	Meißner 1856	Freund[1]) 1859	Henke 1863	Volkmann 1876	Volkmann 1879	Landerer 1881	R. Fick 1911
I	10°	36°	30°	42° 30′	9°	16° 30′	11°	16°
II	35°	56°	—	55°	26°	—	—	35°
III	47°	64°	—	—	27° 30′	25° 30′	—	40°
IV	52°	65°	—	—	34° 30′	—	—	40°
V	49°	66°	—	—	36°	30° 10′	—	42°
VI	47° 30′	63° 30′	—	—	35° 30′	—	34°	42°
VII	46° 40′	69°	—	—	35° 30′	40°	—	46°
VIII	45°	70° 30′	—	—	46°	—	—	48°
IX	43°	71°	—	—	44°	—	—	50°
X	42°	72°	72°	—	46°	—	48°	50°
XI	—	—	—	—	—	—	40°	49°
XII	—	—	—	—	—	—	35°	50°

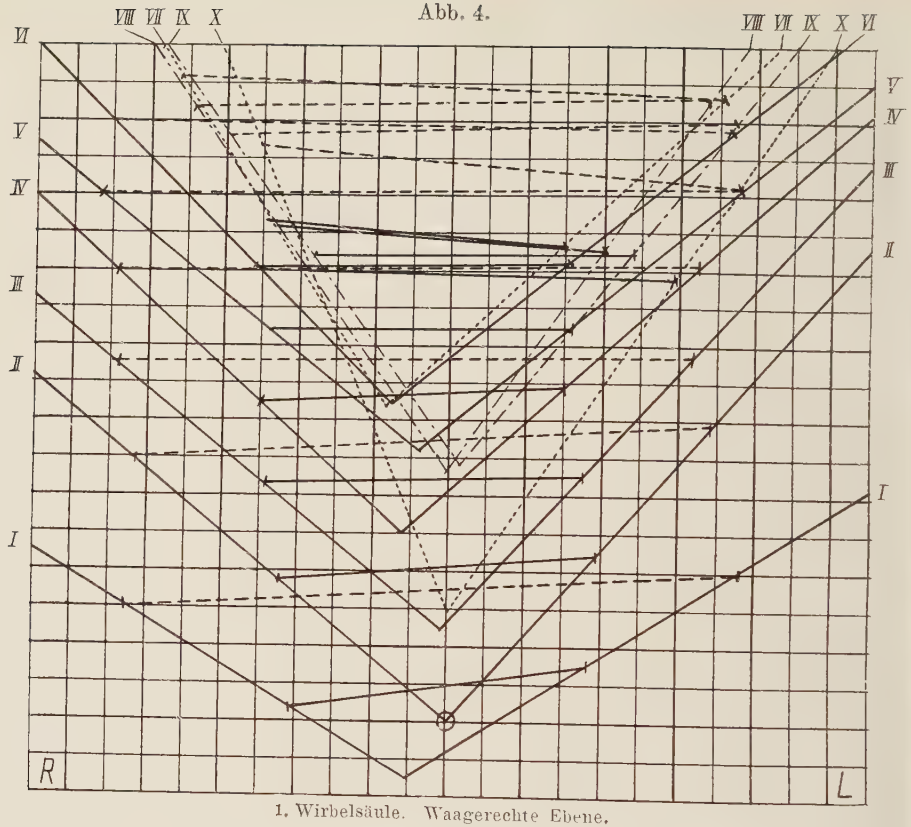
Übersichtstafel III.

Rippe	A. Unterschied des größten und kleinsten Winkels			B. Kleinster und größter Unterschied zwischen beiden Seiten
	Kleinster Winkel Grad	Größter Winkel Grad	Unterschied Grad	
I	14	33	19	1 — 9
II	27	57	30	1 — 22
III	35	53	18	1 — 9
IV	32	61	29	1 — 14
V	31	56	25	1 — 17
VI	32	58	26	0 — 10
VII	29	57	28	2 — 26
VIII	33	73	40	1 — 29
IX	43	65	22	2 — 17
X	53	68	15	2 — 12

An der ersten Wirbelsäule überschneiden sich die Achsen des ersten Rippenpaares rechts von der Mittelebene. Der zweite und dritte Schnittpunkt kehrt zur Mittelebene zurück, der vierte bis siebente liegt wieder

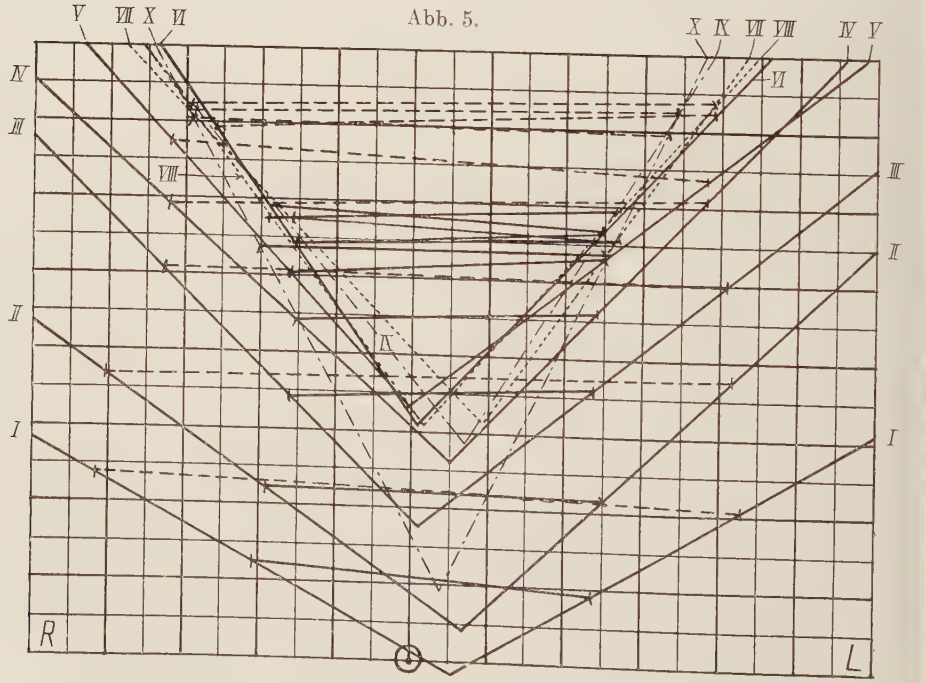
[1]) Freund wird nicht bei R. Fick aufgeführt.

Abb. 4.



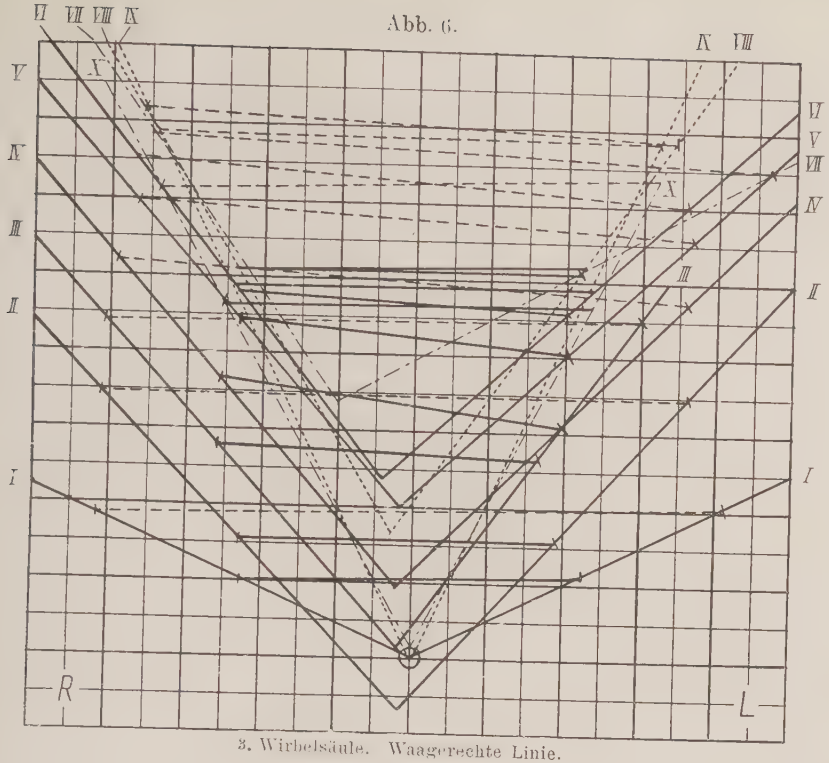
1. Wirbelsäule. Waagerechte Ebene.

Abb. 5.



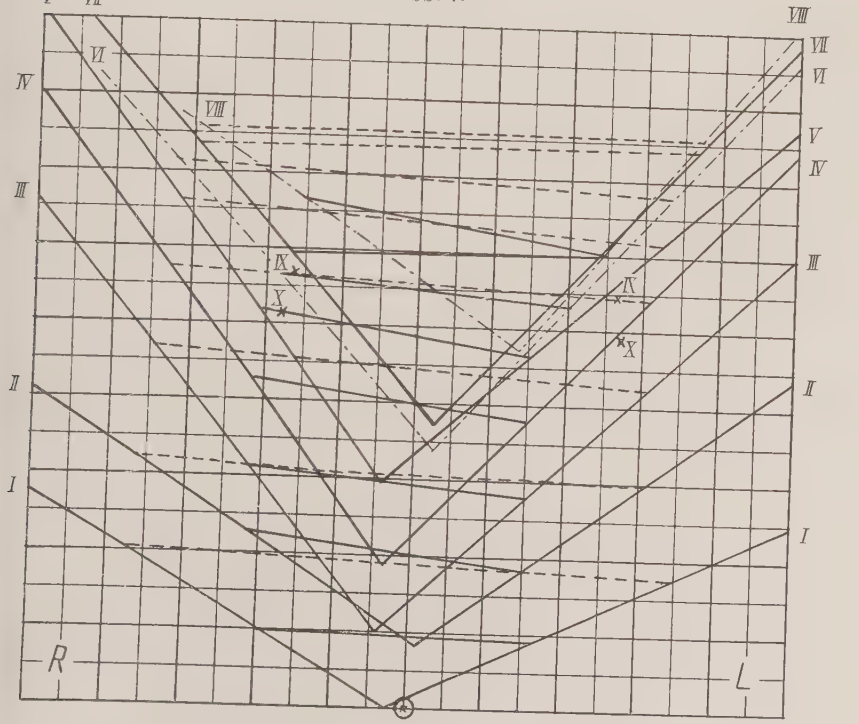
2. Wirbelsäule. Waagerechte Ebene.

Abb. 6.



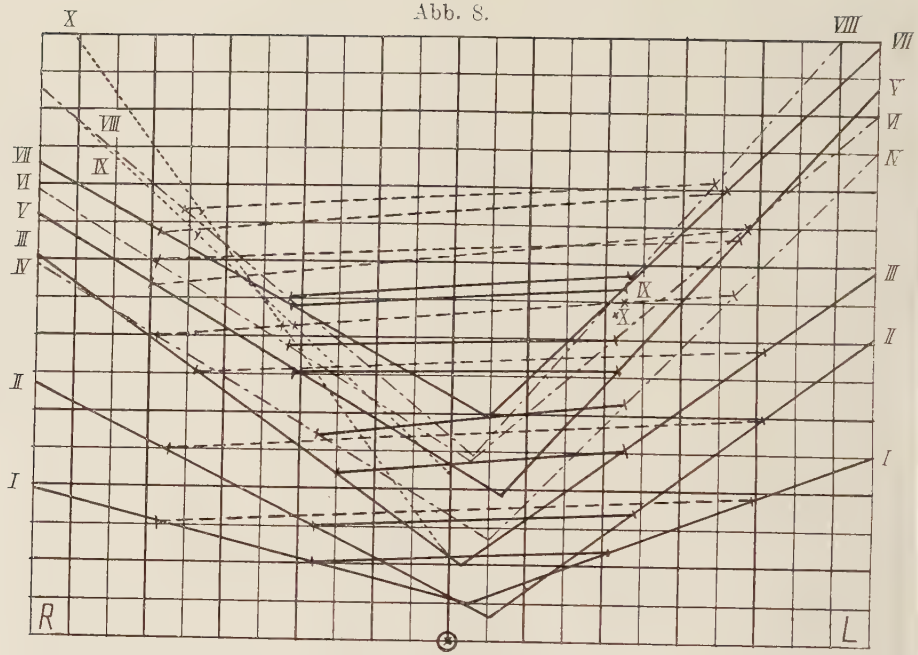
3. Wirbelsäule. Waagerechte Linie.

Abb. 7.



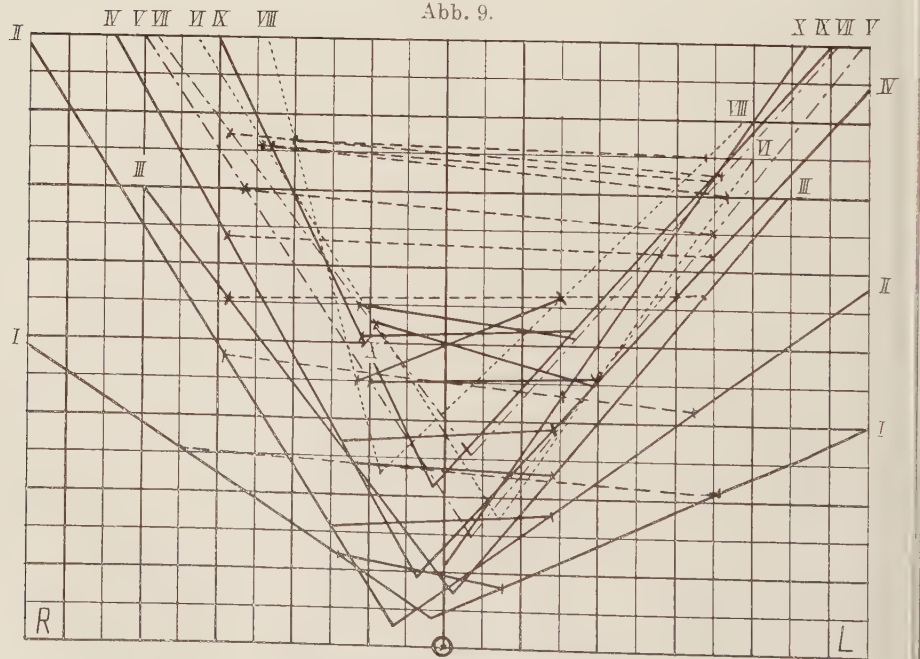
4. Wirbelsäule. Waagerechte Ebene.

Abb. 8.



5. Wirbelsäule. Waagerechte Ebene.

Abb. 9.



6. Wirbelsäule. Waagerechte Ebene.

auf der rechten Seite, der achte und zehnte wieder in der Mitte und allein der neunte auf der linken Seite. Es besteht eine deutliche Abweichung der Schnittpunkte von der Mittelebene nach rechts, und in der Tat ist aus der Projektion auf die Stirnebene (siehe unten) eine rechtsgescheitelte Seitenkrümmung der Wirbelkörperreihe zu ersehen. Am Präparate war dasselbe festzustellen.

Die zweite Wirbelsäule wies eine geringe linksgescheitelte Krümmung auf. Der erste und zweite Schnittpunkt liegt links von der Mittelebene, der dritte kehrt zur Mitte zurück, der vierte wieder auf der linken Seite, der fünfte und sechste wieder in der Mitte, der siebente am weitesten nach links, der achte in der Mitte, der neunte und zehnte wieder auf der linken Seite. Die ausgesprochene Abweichung nach links wird bestätigt durch eine links ausbiegende Wirbelsäule in der Stirnebene mit zwei Gipfeln am 4. und 7. Wirbel.

An der dritten Wirbelsäule wurde vor der Messung im oberen Teile eine leichte stirnrechte Krümmung nach rechts gefunden. Der erste Schnittpunkt befindet sich auf der Mittelebene, der zweite bis fünfte weicht nur ganz wenig nach rechts ab, der sechste ein wenig mehr, am meisten wieder der siebente, achter bis zehnter kehren wieder zur Mitte zurück. Die Achsenzeichnung in der Stirnebene zeigt wieder eine Ausbiegung nach der rechten Seite bis zum 7. Wirbel mit dem Gipfelpunkt am 3. Wirbel. Diese Wirbelsäule zeigt das Bestreben, mit den Achsenschnittpunkten nach rechts zu drängen, deutlich aber nur an den mittleren Rippen.

Der erste Achsenschnittpunkt der vierten Wirbelsäule liegt nur eine Spur rechts der Mitte, während der zweite sich besser an die Mitte hält. Der dritte bis fünfte befinden sich wieder rechts der Mittelebene. Der sechste und siebente weichen nur wenig nach links ab, umso mehr der achte, der sich am weitesten von der Mitte entfernt. Hier liegen die Achsenschnittpunkte bis zum fünften erst auf der rechten Seite, dann aber auf der linken Seite. Das Verhalten der Wirbelkörper in der Stirnebene ist wieder entsprechend, ohne daß an der Wirbelsäule selbst entsprechende Ausbiegungen festgestellt werden konnten.

Das letztere trifft auch für die fünfte Wirbelsäule zu, bei der alle Achsenschnittpunkte auf der linken Seite liegen. Am meisten nach links liegen der zweite, vierte, fünfte und siebente.

Die meisten Unregelmäßigkeiten hat die sechste Wirbelsäule aufzuweisen. Der erste Achsenschnittpunkt liegt fast genau auf der Mittelebene, der zweite weicht nach rechts ab, der dritte befindet sich in der Mitte, der vierte geht wieder nach rechts, der fünfte wechselt nach links, noch mehr der sechste, der siebente nähert sich wieder von links der Mittelebene, der achte liegt am weitesten von der Mitte entfernt auf der rechten Seite, der neunte kehrt wieder zur Mitte zurück.

Bei den bisweilen beträchtlichen Unterschieden der Winkel ein und desselben Achsenpaares ist es nicht verwunderlich, daß die Überschneidungspunkte der Achsen nicht alle genau mit der Mittelebene zusammenfallen. Es ist sogar erstaunlich, daß trotz der Verschiedenheiten keine größeren Abweichungen vorhanden sind und sich sogar Achsenpaare mit verschiedenen Winkeln in der Mitte überschneiden, wie z. B. das zweite und das zehnte an der ersten Wirbelsäule. Auch die meisten anderen weichen ja nur wenig von der Mittelebene ab. Die Abweichung beträgt fast durchweg nicht einmal 10 mm und übersteigt diese Grenze nur in einem Falle bei der achten Achse des 4. Falles mit 14 mm. Nur wenn die Verschiedenheiten der Winkel besonders groß sind, ergeben sich gröbere Abweichungen von der Mittelebene. Diese sind am meisten ausgeprägt am Übergang der zweiten in die dritte Achsengruppe: Bei der ersten, zweiten, dritten und fünften Wirbelsäule an der siebenten und bei der vierten und sechsten an der achten Achse. Ein ähnliches aber nicht so stark ausgeprägtes Verhalten am Übergang von der ersten zur zweiten Gruppe ist bei der ersten Wirbelsäule an der ersten Achse, bei der zweiten an der ersten und zweiten festzustellen und an den folgenden Wirbelsäulen bei der zweiten Achse.

Daß in der Abweichung der Achsenschnittpunkte von der Mittelebene ein Ausdruck der geringen stirnrechten Wirbelsäulenbiegung zu sehen ist, die H a s s e als regelmäßig vorhanden nachgewiesen hat, ist mit dem Obigen zwar nicht erwiesen, aber doch wahrscheinlich gemacht. Es bleibt noch festzustellen, inwieweit diese Abweichungen mit der Lage eines ganzen Wirbels oder seines Baues im einzelnen im Zusammenhange stehen, wobei besonders die Richtungsänderung der Querfortsätze sich stark auswirken dürfte.

Das Verhalten der Überschneidungspunkte der Achsen zur Stirnebene ist in erster Linie abhängig von der Krümmung der Wirbelsäule in der Mittelebene. Wie aus den eingetragenen Gelenkmittelpunkten ersichtlich ist, entfernen sich die achsenbestimmenden Teile des Wirbels bis zum 7. oder 8. mehr und mehr von der Stirnebene, bis dann die letzten nur um ein geringes sich ihr wieder nähern. Daß die letzten Achsenschnittpunkte sich aber der Stirnebene wieder beträchtlich nähern können, weist darauf, daß die nach unten zu kleiner werdenden Winkel der Achsen mit der Mittelebene am meisten die Lage der Achsenschnittpunkte beeinflussen.

Trotz der großen Winkelunterschiede erfolgt auch hier wieder die Aneinanderreihung der Schnittpunkte bemerkenswert regelmäßig in ihrer Reihenfolge zuerst nach hinten und an den unteren wieder umgekehrt nach vorne. An der ersten Wirbelsäule erfolgt der Umschwung in der Reihenfolge nach der achten Achse, die mit der sechsten in einer Höhe liegt. An der zweiten Wirbelsäule liegen der fünfte bis achte Achsenschnittpunkt nahezu in einer Höhe, der neunte und zehnte nähern sich wieder beträchtlich der Stirnebene. An der dritten, fünften und sechsten Wirbelsäule erfolgt der Umschwung

nach dem siebenten Schnittpunkte. An der vierten Wirbelsäule läßt sich bis zur achten Achse überhaupt keine Änderung in der Richtung der Aufeinanderfolge feststellen. Die einzige Unregelmäßigkeit besteht darin, daß an der dritten, fünften und sechsten Wirbelsäule der zweite Schnittpunkt vor dem ersten liegt. Das erklärt sich aus dem großen Winkelunterschied zwischen der ersten und zweiten Achse. Vor der Stirnebene liegt bei erster und zweiter der erste, bei der dritten der zweite Achsenschnittpunkt. Bei der dritten und vierten fällt der erste mit der angenommenen Stirnebene zusammen. Wieder können wir Schwankungen und Übergänge am ersten und zweiten Schnittpunkte und den Umschwung in der Reihenfolge fast durchweg nach dem siebenten feststellen.

An jedem Wirbel sind zwei Gelenkmittelpunkte am Wirbelkörper und zwei an den Querfortsätzen. Verbindet man die beiden des Wirbelkörpers und die beiden der Querfortsätze miteinander, so müßte man bei einem beiderseits gleich gebautem Wirbel ein Trapez erhalten, in dem die nicht parallelen Seiten gleich lang sind, und bei einer regelmäßig gekrümmten Wirbelsäule müßten die parallelen Seiten aller Trapeze auch untereinander parallel verlaufen. Finden sich Abweichungen unter den Verbindungen der Wirbelkörpergelenkmittelpunkte, wird das auf eine Drehung des ganzen Wirbelkörpers oder einzelner Teile deuten. Verläuft auch am verdrehten Wirbel die Querfortsatzverbindungslinie parallel der Querlinie des Körpers, wird sich die Verdrehung auf den ganzen Wirbelkörper erstrecken. Ist die Parallelität der beiden Trapezseiten aufgehoben, wird man auf eine Ungleichheit in der Richtung der beiden Rippenachsen schließen dürfen, die abhängig ist von der Richtung und Länge der Querfortsätze und der Lage der Gelenkflächen auf diesen. Ist der Wirbelkörper von oben gesehen nach links herumgedreht, wird ein mehr stirnrechter Verlauf des rechten Querfortsatzes den Eindruck der Drehung steigern, dagegen ein Vorstehen des linken Querfortsatzes die Drehung wieder mehr oder weniger ausgleichen. Im folgenden werden daher Unregelmäßigkeiten der Achsen auf die Querfortsätze bezogen werden dürfen.

Bei Anwendung dieser Überlegung finden wir an der ersten Wirbelsäule den 1. und 2. Wirbel leicht links herumgedreht. Der 3. steht gerade, der 4. wieder links herumgedreht, der 5. und 6. wieder gerade, der 7. und 8. nach rechts gerichtet, der 9. geradeaus und der 10. wieder ein wenig nach rechts. Von den Querfortsätzen ist am 1. Wirbel der linke kürzer und steht der Stirnrichtung näher als der rechte. Am 2. und 3. Wirbel stehen die Querfortsätze auf beiden Seiten gleich. Der 4. Wirbel ist ähnlich dem 1. Der 5. und 6. Wirbel sind wieder auf beiden Seiten gleich. Am 7. Wirbel verlaufen die Verbindungslinien parallel. Dasselbe zeigt der 8., bei dem sogar durch die verschiedene Länge des Querfortsatzes die Querfortsatzverbindungslinie im entgegengesetzten Sinne wie bei dem 1. abweicht. Der 9. Wirbel ist ähnlich dem 8. und der 10. wieder dem 1.

Es geht daraus hervor, daß eine äußerlich nur mäßig gekrümmte Wirbelsäule sowohl in der Stellung der Wirbelkörper als auch in der Stellung der Querfortsätze zum Wirbelkörper mannigfache Abweichungen zeigen kann.

Mißt man die Entfernungen der Mittelpunkte der rechten und linken Gelenke eines Wirbelkörpers, so zeigt sich nur eine geringe Schwankung vom 1. bis 7. Brustwirbel, und erst am 8. bis 10. erfolgt eine Zunahme, die nach unten hin stärker wird. Es sind demnach die Brustwirbelkörper nahezu von gleicher Breite mit Ausnahme der unteren drei.

Umgekehrt nimmt die Entfernung der Mittelpunkte der Querfortsatzgelenke infolge ihrer schrägen Stellung von oben nach unten hin ab, doch nicht gleichmäßig, sondern in zwei Stufen, etwa vom 1. bis zum 4. Wirbel und vom 5. bis zum 10. Die anatomischen Grundlagen dafür müssen noch am Einzelwirbel untersucht werden.

Übersichtstafel IV.

Gegenseitige Entfernungen der gegenüberliegenden Gelenkmittelpunkte an den Wirbelkörpern und an den Querfortsätzen, gemessen in Millimeter.

	1. Wirbelsäule		2. Wirbelsäule		3. Wirbelsäule		4. Wirbelsäule		5. Wirbelsäule		6. Wirbelsäule	
	Körper	Querforts.	Körper	Querforts.	Körper	Querforts.	Körper	Querforts.	Körper	Querforts.	Körper	Querforts.
I	39	*81*	45	*84*	45	*83*	38	*73*	39	*79*	22	*71*
II	41	*76*	44	*82*	42	*77*	37	*69*	41	*78*	29	*63*
III	42	*75*	40	*73*	43	*70*	37	*65*	38	*75*	26	*63*
IV	40	*77*	39	*70*	45	*75*	37	*64*	40	*76*	28	*64*
V	40	*84*	41	*70*	42	*73*	36	*64*	42	*78*	29	*62*
VI	42	*82*	41	*65*	43	*73*	39	*66*	43	*76*	29	*61*
VII	39	*72*	43	*69*	45	*81*	40	*66*	44	*75*	28	*65*
VIII	43	*68*	46	*68*	46	*70*	40	*66*	44	*69*	29	*55*
IX	42	*66*	43	*63*	47	*66*	43	—	45	—	28	*58*
X	48	*63*	46	*62*	49	*65*	46	—	45	—	27	—

	Durchschnittswerte der Verbindungslinien	
	der Körpergelenke	der Querfortsatzgelenke
I	38,0	*78,5*
II	39,0	*74,2*
III	37,7	*70,2*
IV	38,2	*71,0*
V	38,3	*72,0*
VI	39,5	*70,5*
VII	40,0	*71,3*
VIII	41,3	*66,0*
IX	41,3	*63,3*
X	45,2	*63,3*

In gleichmäßig abnehmenden Abständen entfernen sich die Querlinien der Wirbelkörper von der Stirnebene, so lange bis die sechste bis zehnte dicht beieinander liegen, was mit einem Übereinanderliegen in der Übertragung auf die Mittelebene übereinstimmen muß.

An der zweiten Wirbelsäule ist der erste Wirbelkörper ein wenig nach rechts gedreht und sein rechter Querfortsatz steht stirnrechter als der linke, so daß die Drehung auf der rechten Seite durch den Querfortsatz gemindert wird. Der 2. Wirbel ist weniger gedreht und leitet über zu einer schwachen Linksdrehung des dritten Wirbelkörpers, bei der es bis zum 6. bleibt. Der 7. Wirbel sieht etwas nach rechts, der 8. nach links, der 9. wieder nach rechts und der 10. geradeaus. Die stärkste Linksdrehung, die sich am 5. Wirbel befindet, wird im Übermaß ausgeglichen durch die Kürze und mehr stirnrechte Stellung des linken Querfortsatzes.

Die Breite der Wirbelkörper schwankt ziemlich beträchtlich, doch zeigt sich auch hier an den unteren Wirbeln eine deutliche Zunahme. Umgekehrt nimmt die Entfernung zwischen den Querfortsatzmittelpunkten bis zum 6. Wirbel ab, wird am 7. breiter und nimmt nochmals ab ähnlich wie an der ersten Wirbelsäule.

Von den Verbindungslinien der Körpergelenke bewegen sich die fünfte bis zehnte etwa in gleicher Entfernung von der Stirnebene. Daraus folgt, daß die Hauptkrümmung der Brustwirbelsäule sich über den 1. bis 5. Wirbel verteilt, während die Wirbelsäule vom 5. bis 10. Wirbel dann mehr gerade verlaufen dürfte. Die Übertragung der Achsen auf die Mittel- und Stirnebene zeigen die untersten nicht absteigend verlaufend, sondern mehr waagerecht, während in der Regel der waagerechte Verlauf nur auf die mittleren Achsen beschränkt ist.

Bei der dritten Wirbelsäule ist die Entfernung der Gelenkmittelpunkte am Körper vom 1. bis 7. Wirbel zwischen 42 und 45 mm wechselnd und nimmt an den unteren wieder deutlich zu. Die Querfortsätze klaffen weit. Die Entfernungen ihrer Gelenkmittelpunkte werden in der Reihenfolge 2mal schmäler und ebenso oft breiter, um dann wieder abzunehmen.

Die Stellung der Wirbelkörper ist nicht sehr verschieden. Die Form der drei ersten geradeaus gerichteten Wirbel ist sehr regelmäßig. Erst mit der Rechtsdrehung des 4. Wirbels tritt auch eine ungleiche Stellung der Querfortsätze auf.

Der erste bis fünfte Körper entfernt sich regelmäßig von der Stirnebene, der sechste bis neunte liegen sehr dicht beisammen und erst der zehnte kehrt wieder merklich zurück. Die Wirbelsäule ist demnach bis zum 5. Wirbel gebogen und dann nicht nur weniger stark gebogen, sondern sie zeigt auch, wie aus den Übertragungen auf die Mittel- und Stirnebene hervorgeht, unten waagerecht liegende Achsen.

Bei der vierten Wirbelsäule ist die Breite der Wirbelkörper kleiner

als an den bisherigen Wirbelsäulen und nimmt nur wenig nach unten hin zu. Die Spanne der Querfortsätze ist auch im ganzen kleiner und sinkt vom 1. bis zum 4. Wirbel ab, um beim 6. wieder anzusteigen, ohne danach wieder abzunehmen. Dabei ist noch nicht festzustellen, ob das an der Richtung der Querfortsätze oder an ihrer Kürze liegt. Vielleicht ist diese Wirbelsäule weiblicher Herkunft.

Die Wirbel sind alle bis auf den 7., der ein wenig nach links gedreht ist, nach rechts gerichtet. Die Querfortsatzverbindungslinien schließen sich dem an bis auf die des 8. Wirbels, die die stärkste Rechtsdrehung ihres Wirbelkörpers wieder ausgleicht. Dabei stehen sie aber alle etwas mehr stirnrecht als die Körpergelenkverbindungslinien.

Die letzteren entfernen sich bis zum 8. Wirbel gleichmäßig von der Stirnebene und zeigen damit eine Krümmung, die gleichmäßig bis zum 8. Wirbel zunimmt, um dann erst zur Stirnebene zurückzukehren, wie es auch aus der Übertragung auf die Mittelebene hervorgeht.

An der fünften Wirbelsäule nimmt die Breite der Körper nach unten hin ziemlich regelmäßig fortschreitend zu, ohne besonders klein zu sein. Die Maße für die Spannen der Querfortsätze teilen sich wieder in zwei Abschnitte ab, von Wirbel 1—4, dann ebenso von 5—8.

Sämtliche Wirbel bis auf den 5., der geradeaus gerichtet ist, sind ein wenig nach links gedreht. Dem schließen sich die Verbindungen der Querfortsätze an. Nur am 5. Wirbel wird die Parallelität durch Kürze und mehr stirnrechten Verlauf des rechten Querfortsatzes aufgehoben.

Die Körperquerlinien entfernen sich ziemlich gleichmäßig von der Stirnebene und nähern sich ihr auch bei den unteren Wirbeln nicht wieder. In Übereinstimmung mit der Übertragung auf die Mittelebene ist die Wirbelsäulenkrümmung nur sehr schwach, nimmt bis zum 8. Wirbel zu und dann erst wieder ab.

An der sechsten Wirbelsäule ist die Breite der Wirbelkörper auffallend klein, was sich vielleicht daraus erklärt, daß es sich hier um mazerierte Knochen handelt (Virchows Formverfahren). Allein das Fehlen der Gelenkknorpel wird sich dabei stark auswirken. Es ist keine deutliche Breitenzunahme wie an den anderen Wirbelsäulen nach unten hin festzustellen. Die Querfortsatzverbindungslinien nehmen nach unten hin nach einem Gipfel bei der siebenten Rippe ab.

Je unregelmäßiger die Querlinien der Körper verlaufen, die auf starke Verdrehungen der Wirbelkörper hindeuten, umso mehr gewinnt man den Eindruck, daß durch die außerordentlich verschiedene Länge und Richtung der Querfortsätze die Verdrehungen im hinteren Teile des Wirbels wieder ausgeglichen werden, so daß die Verbindungslinien an den Querfortsätzen verhältnismäßig regelmäßig aufeinander folgen können, wie z. B. am 1. und 8. Wirbel. Bei dem letzteren erfolgt sogar eine Verbesserung im Übermaß,

daß bei stark links gerichteter Körperquerlinie die Verbindungslinie der Querfortsätze ein wenig nach rechts gerichtet ist. Auch hier können wir wieder wie bei fast allen besprochenen Fällen feststellen, daß die Querfortsatzverbindungslinien im allgemeinen mehr stirnrecht verlaufen als die Querlinien der Körper.

Die letzteren entfernen sich an der ersten bis zur fünften Rippe in regelmäßigen Abständen von der Stirnebene. Die sechste bis neunte Querlinie liegen dicht beieinander, was sich in der Mittelebene wieder als ein Übereinanderliegen darbieten muß.

Für die Stellung der Querfortsätze und ihre Länge bildet die Entfernung der beiden parallelen Seiten des Trapezes ein Maß (Übersichtstafel V). Dieses ist durchweg an den ersten Wirbeln am kleinsten, nimmt dann bis zu einem mittleren Wirbel zu und fällt weiter nach unten hin ab. In der Reihenfolge der Wirbelsäulen liegt der Gipfelpunkt bei der ersten und zweiten Wirbelsäule am 7., bei der dritten am 9., bei der vierten Wirbelsäule am 3. bis 6., bei der fünften Wirbelsäule am 5. und bei der sechsten Wirbelsäule am 6. Wirbel. Es muß demnach immer ein mittlerer oder unterer Wirbel den größten Abstand der Parallelen des Wirbelkörpers aufweisen. Die Messung dieser Größen an den sechs Wirbelsäulen ergab folgende Werte und die Durchschnittswerte:

Übersichtstafel V.

Gegenseitige Entfernungen der Verbindungslinien der Wirbelkörper- und Querfortsatzgelenke, gemessen aus dem Aufriß auf die Mittelebene in Millimeter.

	1. Wirbelsäule	2. Wirbelsäule	3. Wirbelsäule	4. Wirbelsäule	5. Wirbelsäule	6. Wirbelsäule	Durchschnitt
I	13	11	9	9	6	14	10,3
II	17	15	19	13	12	18	15,7
III	16	15	17	15	14	23	16,7
IV	17	15	17	15	14	25	17,2
V	18	14	16	15	16	23	17,0
VI	18	15	16	15	12	28	17.3
VII	20	16	16	14	12	22	16,7
VIII	18	14	18	12	12	26	16,7
IX	16	13	19	—	—	23	17,7
X	14	16	15	—	—	—	15.0

Auch die Durchschnittswerte haben einen Gipfelpunkt, der bei dem 4. und 6. Wirbel gelegen ist. Die Untersuchung der Abhängigkeit dieser Werte muß sich zunächst erstrecken auf die Länge der Querfortsätze und auf die Winkel, die die Querfortsätze mit der Mittel- oder Stirnebene bilden. Die letzteren sind in der Übersichtstafel I bereits angeführt worden. Übereinstimmend mit den Ergebnissen der anderen Anatomen liegen die kleinsten Winkel immer am 1. Wirbel. Sie nehmen dann in den einzelnen Reihen zu. Die letzten Werte sind gewöhnlich die größten mit wenigen Ausnahmen.

An allen Winkelfolgen läßt sich in der Größenzunahme von oben nach unten ein Schwanken feststellen, indem die Werte vorübergehend wieder abnehmen können. Das kommt auch bei den Mittelwerten zum Ausdruck, deren Aufeinanderfolge zwei Gipfelpunkte aufweist, am 4. und am 6. Wirbel. Das stimmt mit den Mittelwerten der Größen für die Höhen der Trapeze überein. Beide Mittelwertzusammenstellungen zeigen bezüglich des Ablaufs der Größenverhältnisse Übereinstimmung bis auf Unstimmigkeiten an den letzten Wirbeln, indem diese bei den Winkeln mehr zunehmen, als den Höhenmaßen entspricht, die an den drei letzten Wirbeln nicht nur nicht ansteigen, sondern mit dem 10. sogar stark abnehmen.

Das erklärt sich aber aus dem Verhalten der Querfortsätze, wie sie sich im Aufriß auf die waagerechte Ebene darbieten:

Übersichtstafel VI.

Entfernungen der Gelenkmittelpunkte des Körpers und des Querfortsatzes, gemessen aus dem Aufriß auf die waagerechte Ebene und die Mittelwerte in Millimeter.

	1. Wirbelsäule		2. Wirbelsäule		3. Wirbelsäule		4. Wirbelsäule		5. Wirbelsäule		6. Wirbelsäule		Mittelwerte
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	
I	26	24	23	23	21	21	21	19	22	20	25	31	23,0
II	25	23	26	23	26	25	19	20	22	22	26	25	23,5
III	25	21	23	22	22	22	19	21	23	22	28	31	23,3
IV	26	24	23	20	21	23	18	23	25	21	31	31	23,8
V	29	28	23	17	21	24	18	23	22	25	30	26	23,8
VI	27	27	17	21	22	22	20	20	21	20	28	30	22,9
VII	22	28	21	21	20	28	19	20	20	18	29	29	22,9
VIII	21	24	19	19	24	20	17	20	18	17	33	27	21,6
IX	19	21	17	18	22	21	—	—	17	—	28	28	21,2
X	18	14	18	17	16	19	—	—	18	—	—	27	18,1

Nachdem die Werte sich mit einigen Schwankungen bis zum 7. Wirbel etwa auf gleicher Höhe gehalten haben, nehmen sie am 8., 9. und 10. beträchtlich ab. Kurze Querfortsätze machen aber die Höhe des Trapezes kleiner. War in der Entfernung der Querfortsatzgelenkflächen schon ein Maß für die Stellung der Querfortsätze zu finden gewesen, so bietet sich in der Entfernung der Verbindungslinien der Gelenke des Wirbelkörpers und der Querfortsätze ein zweites Maß (Übersichtstafel VI), das sich aber nur an den untersten drei Wirbeln voll auswirken kann, da erst hier die Größen eine ausschlaggebende Änderung erfahren. Je weiter nach rückwärts die Querfortsätze gerichtet sind, umso höher ist das Viereck und umso kleiner ist die Länge der Querfortsatzverbindungslinie, je mehr rein seitwärts sie gerichtet sind, umso niedriger ist das Viereck und umso länger die Querfortsatzverbindungslinien. Bei den letzteren hatte sich gezeigt, daß die Entfernungen nach unten hin kleiner werden, beim 5., 6. oder 7. Wirbel noch einmal zu einem

höheren Werte zurückkehren und dann endgültig abnehmen. Nachdem gezeigt worden ist, daß die Querfortsatzlänge hierbei verhältnismäßig wenig mitspricht, liegt der Gedanke nahe, der von den Rippenachsen eingeschlossene Winkel müsse in seiner Abhängigkeit von der Stellung der Querfortsätze ebenfalls erst kleiner werden, in der Mitte der Wirbelsäule noch einmal zu größeren Werten ansteigen und dann wieder abnehmen. Man würde dann noch eine Untergliederung zwischen der zweiten bis achten Achse erhalten.

Wie die Mittelwerte in Tafel VII erkennen lassen, kann man die zweite bis fünfte und die sechste bis achte in je einer neuen Gruppe zusammenfassen. In beiden Gruppen ist das Maß der Abnahme ziemlich gleich groß,

Übersichtstafel VII.

Die von den Achsen eines Rippenpaares eingeschlossenen Winkel, gemessen aus dem Grundriß auf die waagerechte Ebene in Winkelgraden.

	1. Wirbelsäule	2. Wirbelsäule	3. Wirbelsäule	4. Wirbelsäule	5. Wirbelsäule	6. Wirbelsäule	Mittelwerte
I	117	122	131	126	146	123	127,5
II	92	103	87	112	116	88	98,0
III	93	98	79	87	109	78	90,7
IV	95	92	86	82	103	72	88,3
V	101	94	88	86	101	73	90,5
VI	96	78	86	86	108	67	86,8
VII	80	79	98	84	107	80	88,0
VIII	71	78	67	98	92	63	78,2
IX	73	72	52	—	—	67	66,0
X	56	55	58	—	—	—	56,3

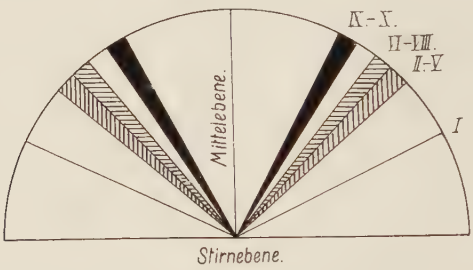
es erstreckt sich jedesmal über etwa 10 Grad. Die Werte an der 6. bis 8. Rippe sind um etwa 10 Grad kleiner. Diese letztere Gruppe entspräche dem „unteren Rippenkomplex" H. v. Meyers, der die Rippen dieser Gruppe in ihrer Bewegung zusammenfaßte wegen ihres gemeinsamen Angelpunktes am unteren Ende des Brustbeins und wegen ihrer engen Verbindung durch Knorpelbrücken untereinander, durch die sie fester zusammengehalten werden als die 2. bis 5. Rippe. Erst die Untersuchung einer großen Anzahl von Wirbelsäulen kann die Berechtigung einer Gruppeneinteilung sichern, da allein durch die Seitenungleichheit das Bild sehr getrübt wird. Die Vorbedingung ist aber eine genaue Untersuchung der Wirbel hinsichtlich der verschiedenen Stellung und Ausbildung der Querfortsätze. Die eben angenommene Gruppeneinteilung ergäbe an den Mittelwerten der von den Achsenpaaren eingeschlossenen Winkel folgendes schematische Bild: (Abb. 10). Das Gebiet, auf dem sich die Achsen der verschiedenen Gruppen bewegen, ist durch verschiedene Schattierung gekennzeichnet.

Wenn man für die Übertragung der Rippenachsen auf die Stirn- und Mittelebene dieselben Überlegungen anwenden will wie für die auf die waagerechte Ebene, so zeigt schon ein Blick auf die Zeichnungen (Maßstab 1 : 2),

daß die Überschneidungspunkte eines Achsenpaares weit unregelmäßiger von der Mittelebene (Aufriß auf die Stirnebene Abb. 11 bis 16) oder von der Stirnebene (Aufriß auf die Mittelebene Abb. 17 bis 22) abweichen würden. Zur besseren Übersicht und zur Vermeidung von Überlagerungen ist in der Übertragung auf die Mittelebene die rechte Seite von links gesehen und die linke Seite von rechts gesehen dargestellt.

Verbindet man in der Stirnebene die Gelenkmittelpunkte jedes Wirbelkörpers miteinander und verbindet die Mittelpunkte dieser Linien untereinander, findet man an der ersten Wirbelsäule vom 1. bis zum 8. Wirbel eine deutliche Abweichung nach rechts von der Mittelebene um 5 mm, die am unteren Teil übergeht in eine ebenso starke Abweichung nach links. Der 1. und der 3. Wirbelkörper scheinen rechts höher zu sein als auf der linken Seite. Vielleicht liegt auch ein seitliches Überkippen um eine pfeilrechte,

Abb. 10.



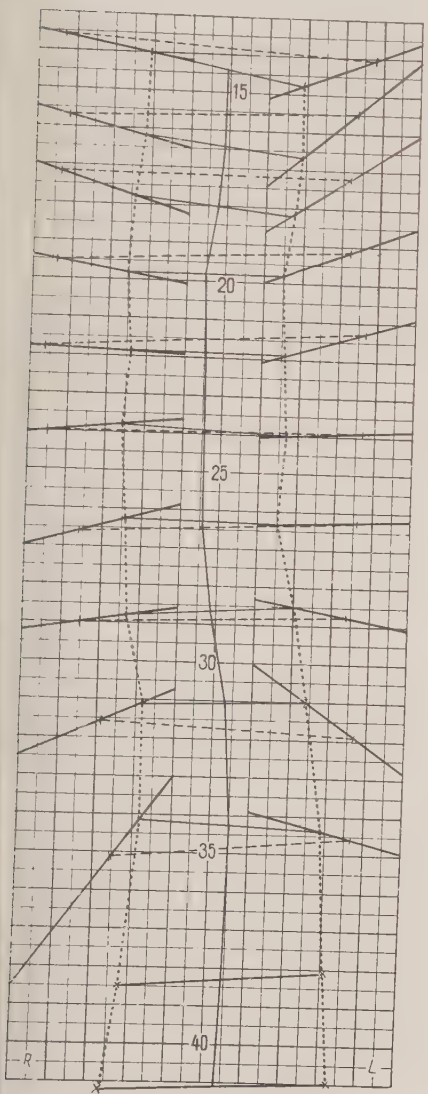
Schematische Darstellung der Einteilung der Achsen in Gruppen auf Grund ihres Verhaltens in der waagerechten Ebene.

waagerecht verlaufende Achse vor. Ebenso verhält sich der 7. Wirbel. Der 10. dagegen ist links höher und gleicht dadurch die seitliche Krümmung wieder aus. Schon diese Schwankungen müssen mit einer Ungleichheit der Rippenachsen verbunden sein. Viel größer erscheint diese durch Abweichungen der Querfortsatzgelenkmitten. Welche Bedeutung hier ein etwas höher oder tiefer stehender Querfortsatz hat, ist bisher noch nicht gewürdigt worden. Es ist, als ob auf der hohlen linken Seite der Wirbelsäule die steilere Stellung der Querfortsätze die Ungleichheit der Körper wieder ausgleichen wollte. Dadurch bekommen die ersten fünf Achsen eine besonders steile Lage, indem sie seitlich nach oben aufsteigen. Beiderseits waagerechten Verlauf kann man in reiner Form nur an den Achsen des 6. Wirbels feststellen. Dem ähnlich sind die Achsen am 7. und 8. Wirbel, während an den beiden letzten starkes Absteigen nach unten festzustellen ist. Danach kann man die Achsen dieser Wirbelsäule in mehrere Gruppen einteilen: Die erste Gruppe, gebildet allein von den Achsen der ersten Rippen, die sich hier von den folgenden durch nicht ganz so steiles Ansteigen nach oben auszeichnen. Die zweite Gruppe, umfassend die zweite bis fünfte Achse, die deutlich seitlich nach oben an-

steigen und mit dem fünften Achsenpaar überleiten zur folgenden Abteilung.

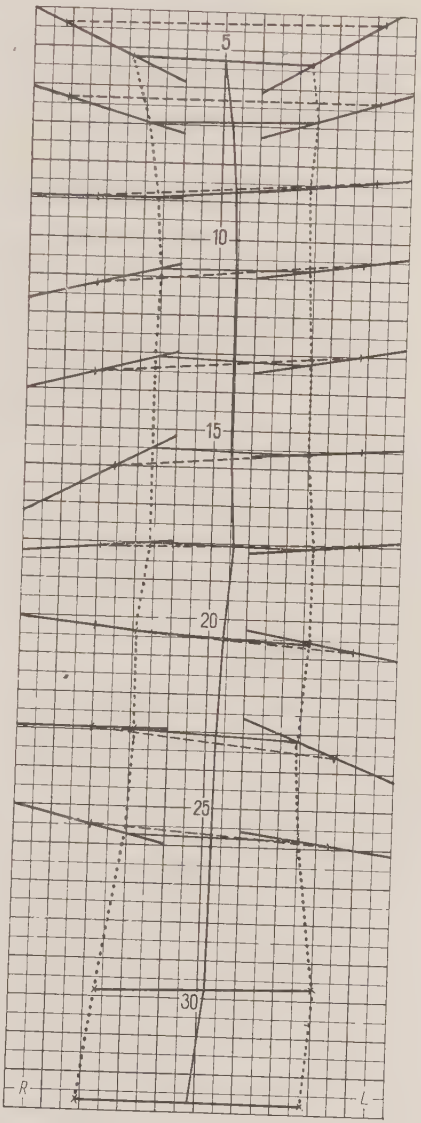
Die dritte Gruppe, deren Achsen die waagerechte Richtung bevorzugen.

Abb. 11.



1. Wirbelsäule. Stirnebene.

Abb. 12.

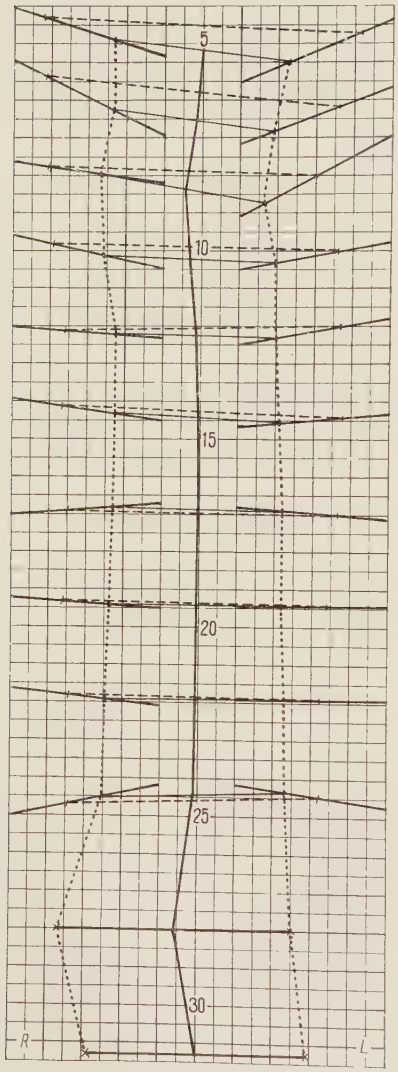


2. Wirbelsäule. Stirnebene.

ie vierte Gruppe, eingeleitet durch ganz geringes Absteigen der Achsen des Wirbels aus der vorangehenden Gruppe mit sehr stark seitlich abfallender ichtung ihrer Achsen. Die aus dem Aufriß auf die Stirnebene gemessenen inkel sind ersichtlich aus der Übersichtstafel VIII zusammen mit den

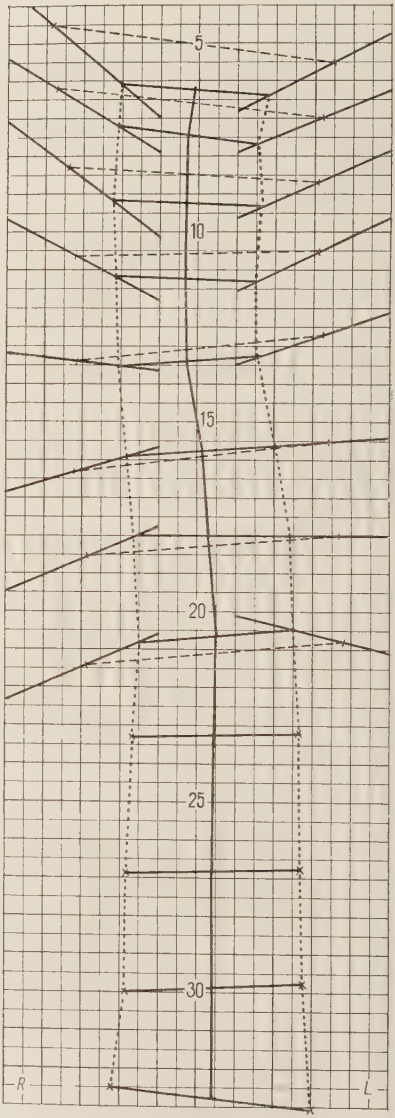
Winkelwerten, die aus der Übertragung auf die Mittelebene durch Messung aus den Zeichnungen gewonnen wurden.

Abb. 13.



3. Wirbelsäule. Stirnebene.

Abb. 14.

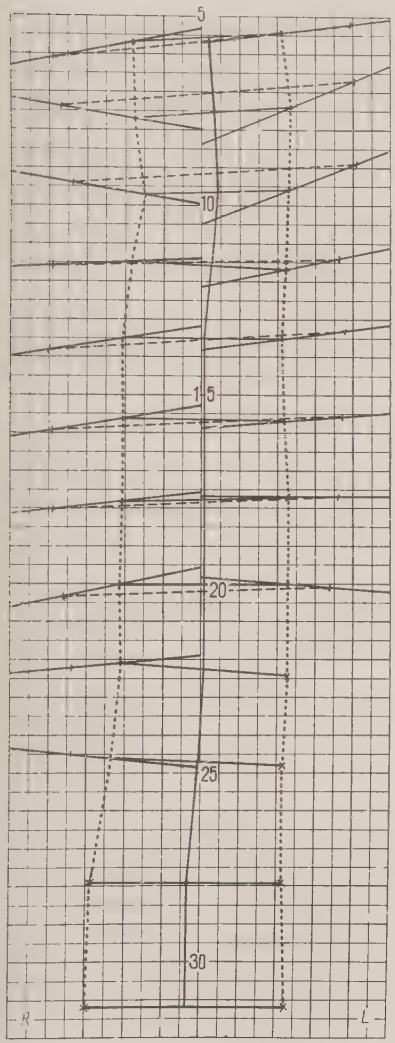


4. Wirbelsäule. Stirnebene.

Wie der Aufriß auf die Mittelebene erkennen läßt, beruht wohl ein Teil dieser Schrägstellung an den unteren und oberen Achsen auf der Krümmung der Wirbelsäule. Da diese Krümmung wohl niemals in Geradstreckung übergeht, auch nicht bei stärkster Rückbeugung, so ist diese Ursache niemals

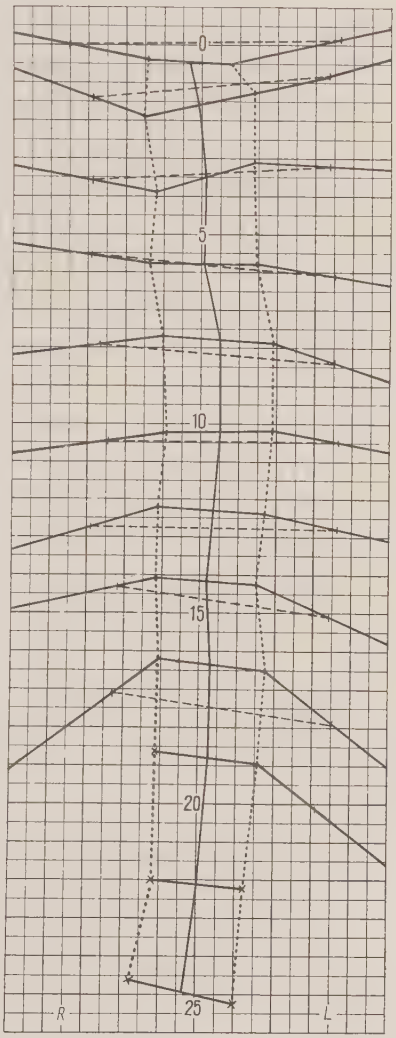
ganz auszuschließen. Zudem ist der Grad der Neigung zwischen zwei benachbarten Wirbelkörpern ein anderer wie zwischen zwei benachbarten Rippenachsen derselben Seite und auch ein anderer wie zwischen den beiderseitigen Achsen eines Wirbels. Daraus ergibt sich wieder die überragende Bedeutung

Abb. 15.



5. Wirbelsäule. Stirnebene.

Abb. 16.



6. Wirbelsäule. Stirnebene.

der Stellung und Form des Querfortsatzes am Wirbel für die Rippenachsen. Die pfeilrechte Krümmung der Wirbelsäule ist recht beträchtlich. Die größte Entfernung eines Körpergelenkmittelpunktes von der Stirnebene ist rechts 67 mm bei der siebenten Achse, links 64 mm ebenfalls an der siebenten.

Die Entfernung der Gelenkmittelpunkte der Wirbelkörper und die der Querfortsätze, die in die Zeichnungen von der Mittelebene gar nicht eingetragen wurden, erfahren auch in der Stirnebene keine besondere Besprechung, da sie sich wegen ihres fast durchweg gut waagerechten Verlaufs kaum in anderer Länge als wie im Aufriß auf die waagerechte Ebene darbieten dürften.

Übersichtstafel VIII.

Die Winkel der Rippenachsen mit der waagerechten Ebene, gemessen aus den Aufrissen auf die Mittel- und Stirnebene in Winkelgraden (+ über der waagerechten Ebene, — unter der waagerechten Ebene).

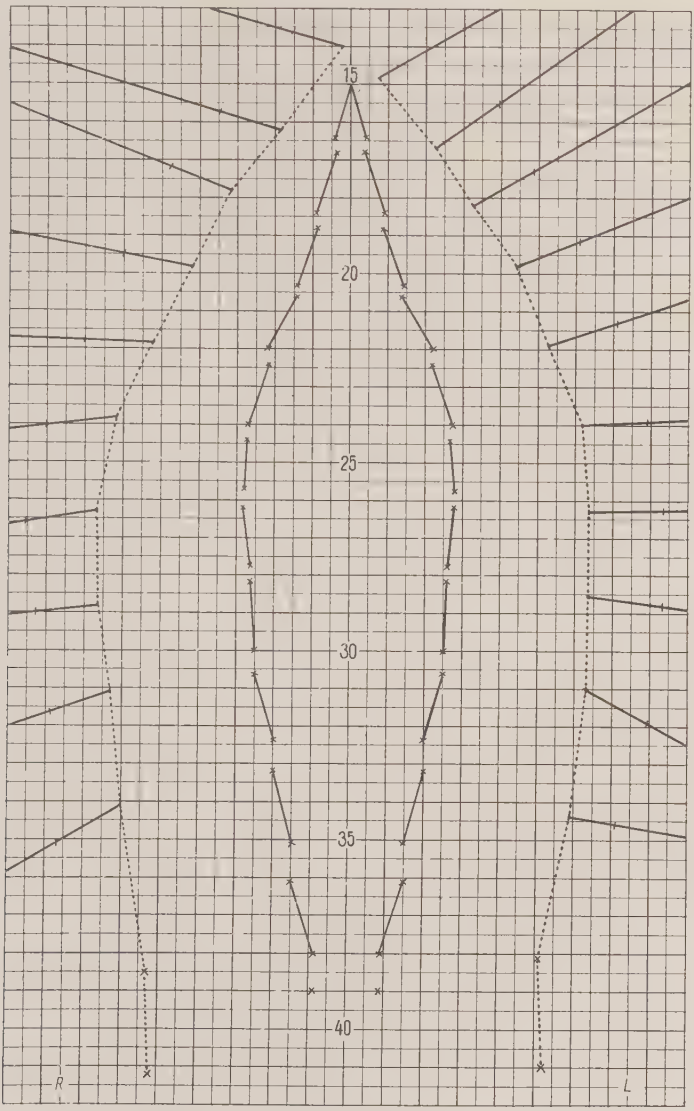
Rippe	1. Wirbelsäule				2. Wirbelsäule				3. Wirbelsäule			
	rechts		links		rechts		links		rechts		links	
	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene
I	+ 16	+ 11	+ 31	+ 20	+ 36	+ 25	+ 41	+ 30	+ 40	+ 19	+ 37	+ 21
II	+ 16	+ 15	+ 35	+ 40	+ 22	+ 16	+ 17	+ 16	+ 26	+ 27	+ 28	+ 19
III	+ 20	+ 18	+ 30	+ 33	0	0	+ 18	+ 7	+ 7	+ 9	+ 21	+ 28
IV	+ 10	+ 9	+ 22	+ 21	— 14	— 14	+ 17	+ 9	+ 11	+ 13	+ 9	+ 10
V	+ 2	+ 2	+ 18	+ 16	— 14	— 15	+ 12	+ 10	+ 4	+ 4	+ 10	+ 9
VI	— 6	— 6	+ 4	+ 3	— 19	— 28	+ 4	+ 4	+ 6	+ 8	+ 4	+ 4
VII	— 9	— 15	+ 2	+ 2	— 4	— 6	+ 4	+ 4	— 3	— 4	— 4	— 4
VIII	— 6	— 10	— 7	— 11	+ 3	+ 5	— 10	— 10	+ 3	+ 5	0	0
IX	— 19	— 25	— 30	— 35	0	0	— 15	— 22	+ 3	+ 7	0	0
X	— 30	— 53	— 10	— 14	+ 6	+ 12	— 4	— 7	— 8	— 12	— 3	— 8

Rippe	4. Wirbelsäule				5. Wirbelsäule				6. Wirbelsäule			
	rechts		links		rechts		links		rechts		links	
	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene
I	+ 57	+ 41	+ 48	+ 27	— 39	— 10	+ 15	+ 6	+ 18	+ 11	+ 24	+ 12
II	+ 43	+ 32	+ 28	+ 22	+ 16	+ 9	+ 28	+ 21	+ 13	+ 20	+ 19	— 14
III	+ 31	+ 37	+ 25	+ 24	+ 12	+ 9	+ 27	+ 21	+ 8	+ 10	— 2	— 3
IV	+ 23	+ 29	+ 25	+ 25	— 5	— 2	+ 11	+ 11	+ 4	+ 8	— 7	— 9
V	+ 4	+ 7	+ 21	+ 18	— 14	— 8	+ 6	+ 7	— 4	— 7	— 15	— 18
VI	— 15	— 16	+ 4	+ 4	— 15	— 9	+ 4	+ 4	— 5	— 8	— 6	— 10
VII	— 19	— 22	0	0	— 11	— 6	0	0	— 12	— 16	— 10	— 13
VIII	— 31	— 23	— 12	— 14	— 14	— 11	— 6	— 5	— 6	— 12	— 23	— 23
IX	—	—	—	—	— 5	— 4	—	—	— 19	— 36	— 34	— 38
X	—	—	—	—	+ 4	+ 5	—	—	—	—	— 29	— 38

Bei der zweiten Wirbelsäule findet sich in der Stirnebene eine seitliche Verbiegung mit dem Scheitel nach links im mittleren Teile. Die größte Abweichung eines Mittelpunktes der queren Körpergelenkverbindungslinien mit 6 mm liegt am 7. Wirbel. Umgekehrt wie an der ersten Wirbelsäule fallen hier auf der hohlen Seite die vierte bis sechste Achse bereits ab, während sie auf der runden Seite noch im Ansteigen begriffen sind. Auf der rechten

Seite des 6. Wirbels scheint noch ein besonders tief gegen seinen Wirbelkörper geneigter Querfortsatz dazuzukommen. Gemeinsam ist der ersten und

Abb. 17.



1. Wirbelsäule. Mittelebene.

zweiten Wirbelsäule, daß auf der hohlen Seite die Achsen in höherem Maße fächerförmig gespreizt sind als auf der runden Seite, wie zum Ausgleich einer Zusammenschiebung der Querfortsätze, die eine seitliche Krümmung auf der hohlen Seite zur Folge haben müßte.

Die Einteilung der Achsen in Gruppen stößt an dieser Wirbelsäule auf Schwierigkeiten. Sie entspricht nur auf der linken Seite dem Verhalten an der ersten Wirbelsäule, aber da recht gut, während auf der rechten Seite man nur insofern von einer Gruppeneinteilung reden kann, als die Achsen der zweiten Gruppe in der Richtung nach der Mitte annähernd einem gemeinsamen Überschneidungspunkt zuzustreben scheinen, und die Achsen der dritten Gruppe ebenso in seitlicher Richtung. Die vierte Gruppe verhält sich auf der rechten Seite ganz abwegig.

Der Aufriß auf die Mittelebene zeigt die pfeilrechte Krümmung der Wirbelsäule bis zum 5. Wirbel im oberen Teil stärker ausgeprägt. Von da ab entfernen sich die Körpergelenkmittelpunkte um weniger als 10 mm weiter von der Stirnebene. Die Krümmung verläuft demnach im unteren Teile flacher. Die größte Entfernung von der Stirnebene hat rechts der neunte Körpergelenkmittelpunkt mit 59 mm und links der achte mit 60 mm.

Die rechtsgescheitelte Krümmung der dritten Wirbelsäule in der Stirnebene beschränkt sich scharf nur auf die vier obersten Wirbel. Deshalb ist wohl auch die fächerförmige Ausemanderspreizung der Achsen auf der hohlen Seite nicht so stark ausgeprägt. Die größte Abweichung der Mittelpunkte der queren Verbindungslinien der Körpergelenke liegt mit 4 mm am 3. Wirbel.

Auch hier läßt sich wieder eine Einteilung der Achsen wie an der ersten Wirbelsäule treffen: Nicht sehr stark weicht die die erste Gruppe bildende erste Achse von den folgenden ab. Die zweite Gruppe, dargestellt von der zweiten bis fünften Achse, steigt einmütig seitlich auf und zeigt wieder mit den weniger stark aufsteigenden Achsen des 5. Wirbels eine Annäherung an die folgende Abteilung. Die dritte Gruppe, vertreten durch die sechste bis achte Achse, hat vorwiegend waagerechten Verlauf. Die vierte Gruppe mit der neunten und zehnten Achse entschließt sich erst mit der letzteren zu deutlich abfallender Richtung. Der vorwiegend waagerechte Verlauf an der unteren Hälfte der Achsen deutet an, daß die pfeilrechte Krümmung an den unteren Wirbeln sehr flach verläuft.

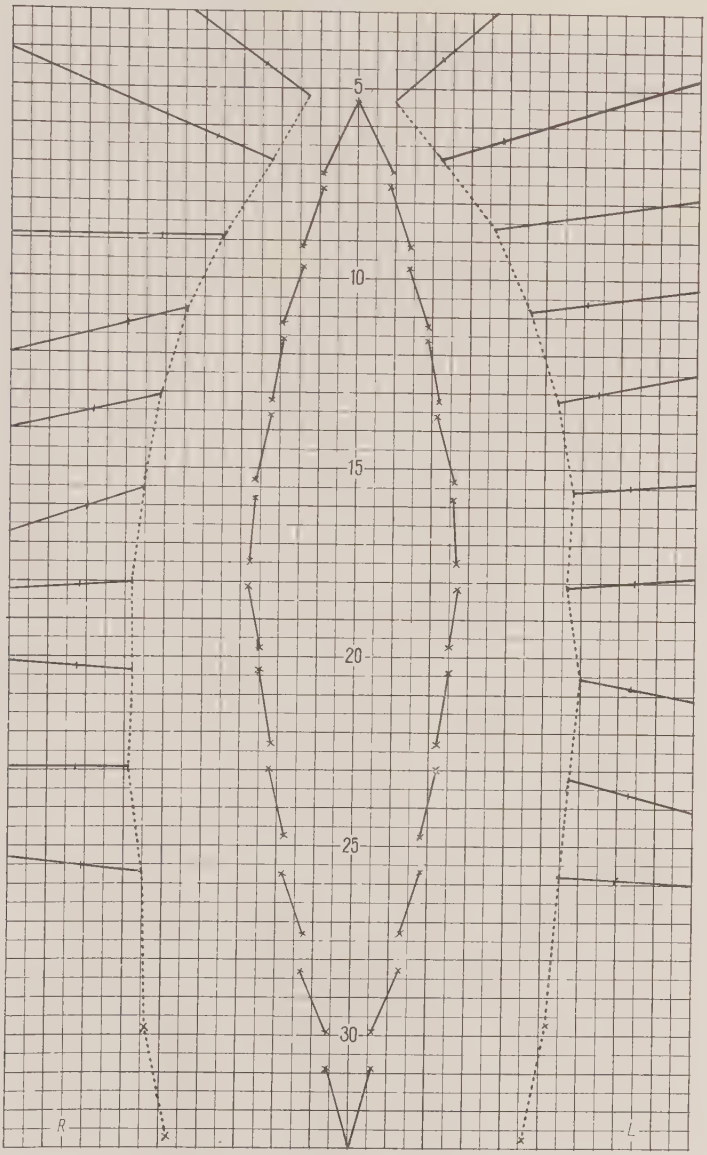
Das wird bestätigt durch den Aufriß auf die Mittelebene, der ein sehr regelmäßiges Bild bietet und die Gruppeneinteilung auch gut hervortreten läßt. Die größte Entfernung der Körpergelenkmittelpunkte von der Stirnebene besteht am 7. und 8. Wirbel mit 52 mm.

An der vierten Wirbelsäule liegt in der Stirnebene eine S-förmige Krümmung vor mit dem Wendepunkt zwischen dem 5. und 6. Wirbel, oben mit dem Scheitel nach rechts gerichtet (Abweichung von der Mittelebene 3 mm in Höhe des 3. und 4. Wirbels), unten mit dem Scheitel nach links (Abweichung von der Mittelebene 5 mm am 8. Wirbel).

Die Gruppeneinteilung ist an dieser Wirbelsäule wieder sehr deutlich. Die erste und zweite Gruppe verhält sich wieder wie im ersten Falle. Die dritte Gruppe, gebildet von der sechsten bis achten Achse, sonst mehr waagerecht

verlaufend, zeigt hier wie zum Ausgleich für die fehlende absteigende vierte Gruppe besonders auf der rechten Seite deutliches Abfallen seitlich nach unten.

Abb. 18.

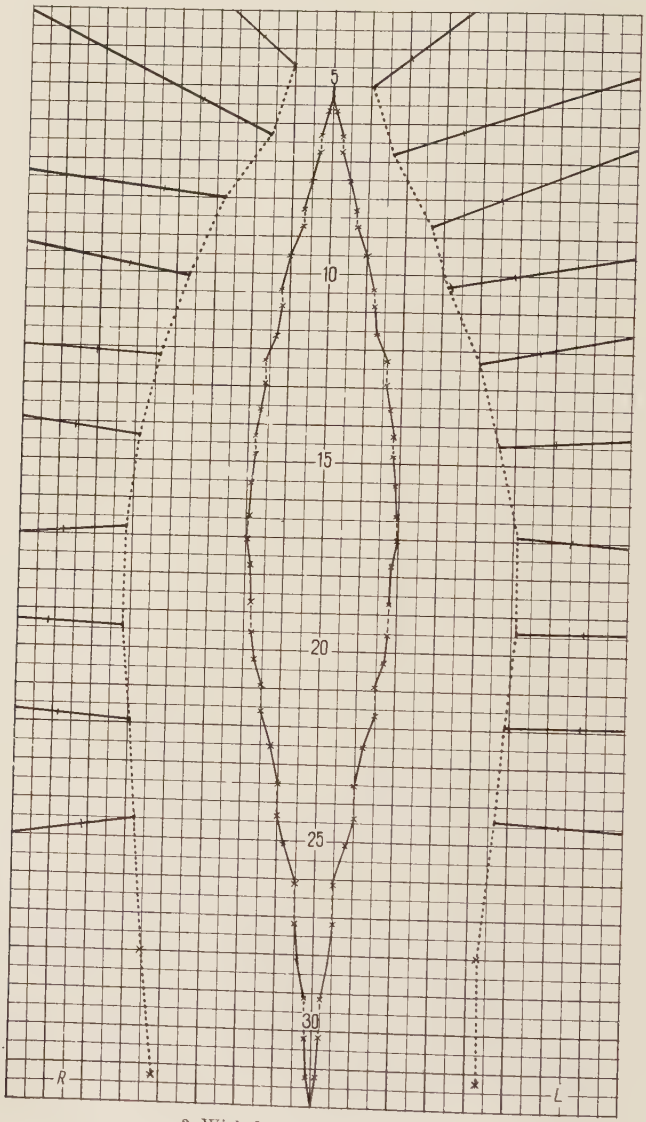


2. Wirbelsäule. Mittelebene.

Die fächerförmige Aufspreizung der Achsen ist hier von allen Fällen am stärksten ausgeprägt insbesondere auf der rechten Seite, die in diesem Falle aber nicht die hohle, sondern die runde Seite der Krümmung wenigstens im

oberen Teile darstellt. Wie weit die Lage der Querfortsätze sich in diesem Falle auswirkt, läßt sich schwer sagen.

Abb. 19.

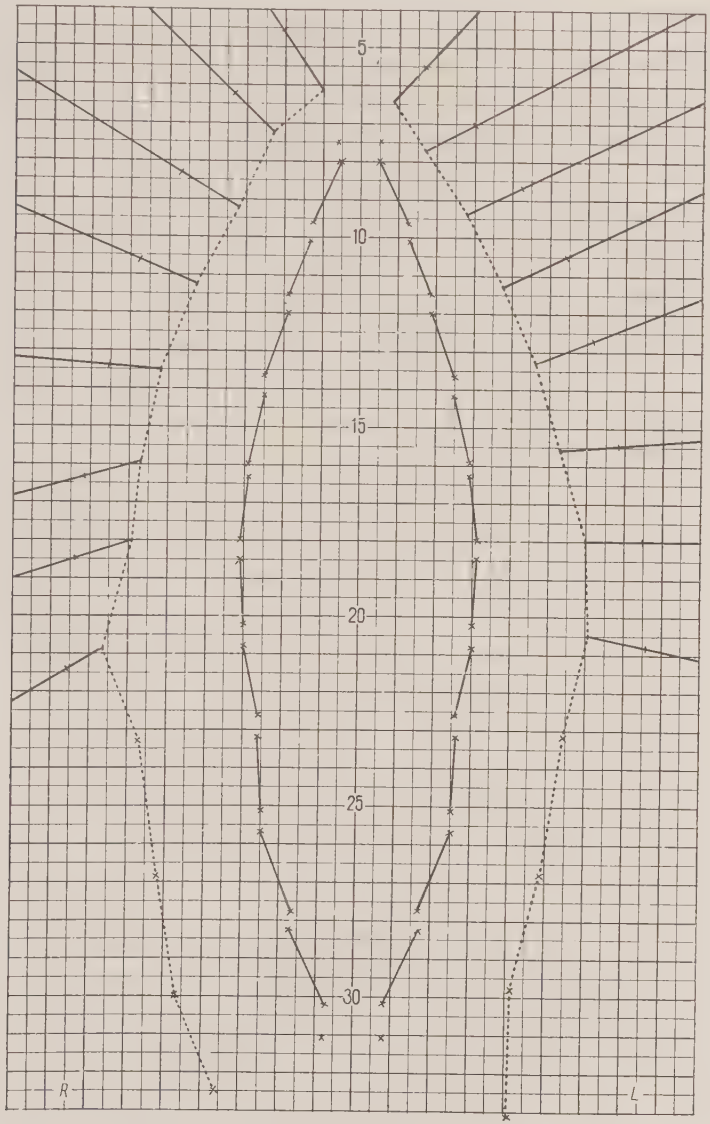


8. Wirbelsäule. Mittelebene.

Die Zeichnung in der Mittelebene zeigt eine starke Krümmung der gesamten Wirbelsäule. Die größte Entfernung der vorderen Achsenpunkte liegt beiderseits am 8. Wirbel mit 66 mm auf der rechten und 61 mm auf der linken Seite. Dabei zeigt die Verbindungslinie der vorderen Achsenpunkte einen

ziemlich gestreckten Verlauf. Eine Rückkehr zur Stirnebene findet nicht statt, sondern nur eine stete Entfernung.

Abb. 20.

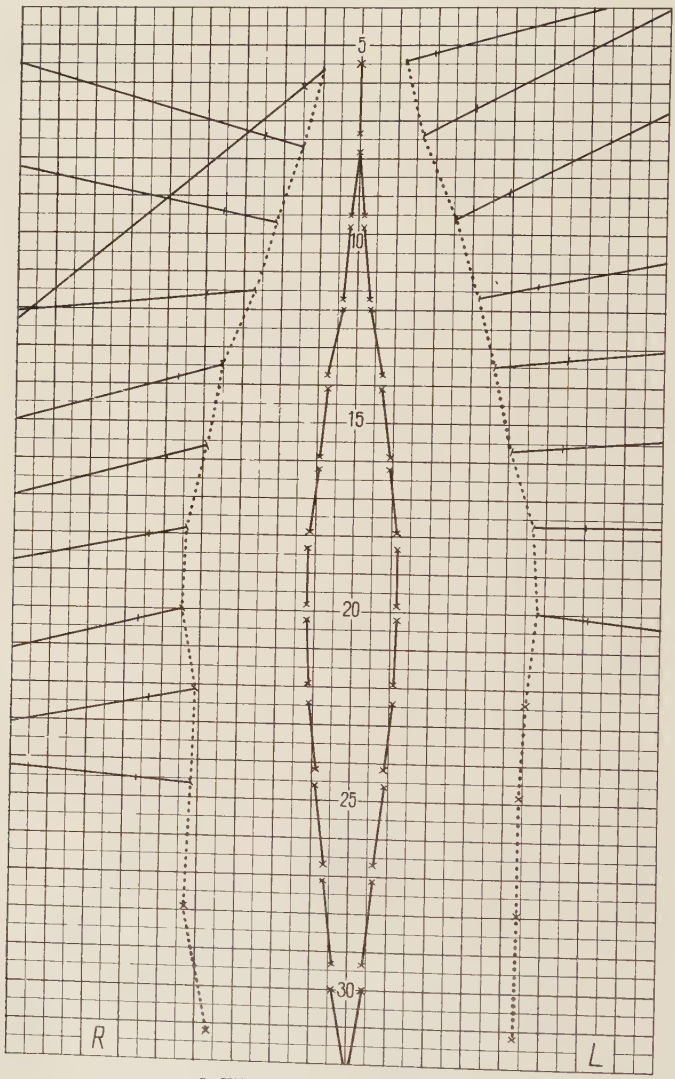


4. Wirbelsäule. Mittelebene.

Der Aufriß der fünften Wirbelsäule auf die Stirnebene deutet nur im Gebiet des 1.—5. Wirbels eine linksgescheitelte Krümmung an, indem die Mittellinie beim 3. Wirbel 4 mm von der Mittelebene abweicht. Auf welcher Seite die Achsen hier mehr auseinandergespreizt sind, läßt sich schwer sagen.

Bezüglich der Gruppeneinteilung kommt die Sonderstellung der ersten Achse sehr gut zum Ausdruck. Ihre besonders stark abweichende Richtung

Abb. 21.

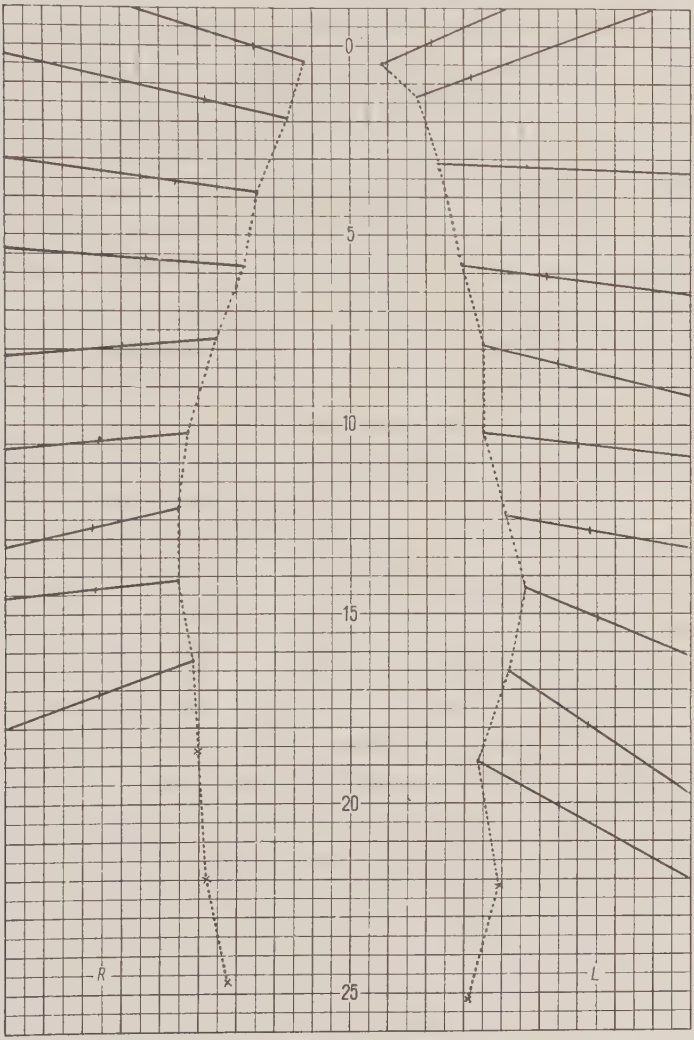


5. Wirbelsäule. Mittelebene.

auf der rechten Seite geht auf eine Seitenneigung des 1. Wirbels zurück, zu der noch eine stark abweichende Stellung des Querfortsatzes hinzukommen muß. Die weitere Gruppeneinteilung ist wieder auf der linken Seite besser durchzuführen als auf der rechten. Die zweite Gruppe von der zweiten bis fünften Achse ist rechts durchweg ansteigend, links dagegen nur mit der

zweiten und dritten Achse, während die vierte waagerecht und die fünfte leicht abfallend verläuft. Die dritte Gruppe, von der sechsten bis zur achten Achse reichend, hält sich im allgemeinen an den waagerechten Verlauf. Nur

Abb. 22.



6. Wirbelsäule. Mittelebene.

auf der rechten Seite besteht leichte Neigung abzufallen wie überhaupt am ganzen achten Achsenpaar, das zur ganz abwegigen vierten Gruppe überleitet.

Im Aufriß auf die Mittelebene tritt eine mäßige Krümmung in der Mittelebene zutage. Die größte Entfernung der vorderen Gelenkmittelpunkte liegt wieder an der achten Rippe mit 45 mm auf der rechten und 48 mm auf der linken Seite.

Ob die nach der Gipsform aufgestellte sechste Wirbelsäule, an der das Meßverfahren erprobt wurde, die Krümmung in der Stirnebene nach links richtig wiedergibt, erscheint zweifelhaft und sie darf daher nur mit Vorsicht zum Vergleich herangezogen werden. Die größte Abweichung der Mittellinie von der Mittelebene beträgt am 5. und 6. Wirbel 5 mm. Auch hier sieht es so aus, als befände sich die stärkste Auseinanderspreizung der Achsen auf der runden Seite.

Ebenso wird die Sonderstellung des ersten Achsenpaares hier wieder deutlich, indem geringeres Ansteigen der Achsen vorliegt als bei den folgenden. Die zweite Achsengruppe ist von allen Fällen hier am wenigsten deutlich gekennzeichnet, da nur die Hälfte der Achsen die ansteigende Richtung innehält. Deutlicher wird die Gruppe mit der sechsten bis achten Achse, die auf beiden Seiten nur wenig von der waagerechten Richtung nach unten abweichen. Die vierte Gruppe zeigt hier wieder deutlich ihre ausgeprägte Eigenschaft, stark nach unten abzusteigen.

Die Zeichnung in der Mittelebene bietet auch unregelmäßigen Krümmungsverlauf. Trotzdem liegt die größte Entfernung der vorderen Rippenachsenpunkte von der Stirnebene auch hier wieder rechts an der siebenten und achten Achse mit 55 mm und links mit 56 mm an der achten Achse. Es kann danach gesagt werden, daß der Höhepunkt der Krümmung aller untersuchten Wirbelsäulen in der Mittelebene durchschnittlich am 8. Wirbel gelegen ist, d. h. an der unteren Grenze der dritten Achsengruppe.

Ein Blick auf das Verhalten des von den Verbindungslinien der Gelenkmittelpunkte gebildeten Vierecks in der Stirnebene zeigt, daß durchweg an den oberen Wirbeln die Verbindungslinien der Querfortsatzgelenke oberhalb der Verbindungslinien der Mittelpunkte der Körpergelenkflächen liegen. Bei den mittleren überlagern sie sich meistens und bei den unteren liegt die erstere unterhalb der letzteren. Je weiter die beiden queren Verbindungslinien der Gelenkmittelpunkte voneinander entfernt sind, umso aufrechter, d. h. umso mehr der Stirnebene genähert, verläuft die Fläche des Vierecks. Die Ursache dafür findet sich auch hier wieder weniger in der Länge der Querfortsätze bzw. Achsen als in den Winkeln, die sie mit der waagerechten Ebene bilden (Übersichtstafel VIII).

Die Winkel zeigen, um noch einmal zusammenzufassen, sehr große Verschiedenheiten und Schwankungen in der Größenfolge. Die Verschiedenheiten zwischen rechter und linker Seite sind sowohl abhängig von der seitlichen Neigung jedes Wirbels, die offenbar mit der stirnrechten Krümmung der Wirbelsäulen im Zusammenhange steht, als auch wieder von der Stellung des Querfortsatzes zu seinem Wirbelkörper. Solange diese noch nicht genau untersucht ist, lassen sich beide Größen nicht trennen. Nicht ganz so groß, aber dennoch beträchtlich, sind die Unterschiede in den Winkeln der Achsen aus den Aufrissen auf Stirn- und Mittelebene an demselben Wirbel und auf

derselben Seite. Übereinstimmung besteht bei diesen nur, wenn die Achse genau waagerecht verläuft, oder wenn sie im Aufriß auf die waagerechte Ebene mit Stirn- oder Mittelebene einen Winkel von 45 Grad bildet, wie z. B. die vierten Achsen auf den linken Seiten der vierten und fünften Wirbelsäule (vgl. Übersichtstafeln I und VIII). Sonst sind durchweg an den oberen Wirbeln die Winkel in der Mittelebene größer als in der Stirnebene; und umgekehrt, aber weniger stark ausgeprägt, verhält es sich an den unteren Wirbeln, wovon nur die achte Achse auf der rechten Seite der vierten Wirbelsäule eine Ausnahme bildet.

Bestimmend dafür ist das Verhalten der Querfortsätze zu der waagerechten Ebene, für das man aus den Aufrissen auf die Stirn- und Mittelebene in der Länge der Querfortsätze, wie sie sich dort darbietet, ein Maß erhält. Siehe die Übersichtstafel IX.

Wie aus den Mittelwerten ersichtlich, ist in der Stirnebene die Länge bei den ersten Wirbeln am größten und nimmt nach unten hin ab, nachdem sie sich bei den mittleren etwa auf gleicher Höhe gehalten hat. Umgekehrt ist die Größenfolge in der Mittelebene: Zuerst kleine Werte, die bis zum 4. Wirbel größer werden und dann wieder mäßig abnehmen, sich etwa auf gleicher Höhe haltend, am 9. Wirbel aber doch noch den größten Wert erreichen. Am 3. und 5. Wirbel stimmen die Werte in beiden Durchschnittsfolgen genau überein, was mit einer Mittelstellung der Achsen in der waagerechten Ebene zwischen Stirn- und Mittelebene übereinstimmt. (Siehe die Übersichtstafel I Mittelwerte.)

Da der Höhenabstand der Gelenkmittelpunkte des Wirbelkörpers und des Querfortsatzes in Stirn- und Mittelebene über der waagerechten Ebene derselbe ist, muß der Winkel, den die Verbindungslinie der beiden Punkte mit der waagerechten Ebene bildet, in derjenigen Ebene kleiner sein, in der die Länge der Verbindungslinie größer ist oder umgekehrt. So bewirken die in der Stirnebene sich größer zeigenden Querfortsätze an den oberen Wirbeln kleinere Winkelwerte in der Stirnebene als in der Mittelebene. An den unteren Wirbeln ist es genau umgekehrt. Eine Ausnahme bildet die achte Achse auf der rechten Seite der vierten Wirbelsäule, weil bei ihr der Winkel der Achse mit der Stirnebene mehr dem Verhalten an den oberen Achsen entspricht.

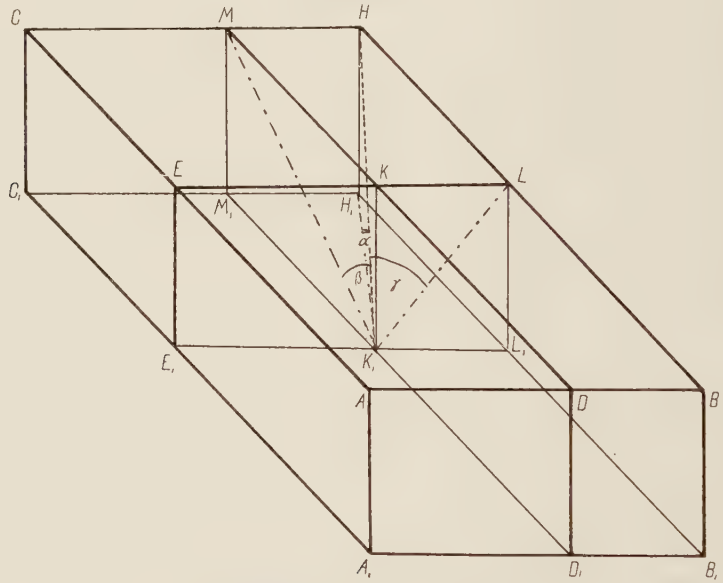
Die Übertragung der Achsen auf die drei Ebenen waren nur ein Hilfsmittel der Darstellung und der Vereinfachung im Sinne der Auflösung schwer verständlicher Lageverhältnisse. Es ist unmöglich, daß eine einzige Achse wie in den Aufrissen auf die Stirn- und Mittelebene zwei verschiedene Winkel mit der waagerechten Ebene bilden kann. Auch gibt es nur eine Größe der Querfortsatzlängen. Die angeführten Zahlenreihen sind alle aus Zeichnungen von Achsenaufrissen, d. h. gewissermaßen von Schattenbildern gewonnen worden und nicht an der wirklichen Achse. Aus den Messungen ergibt sich aber die Möglichkeit, den wirklichen Verlauf der Achsen durch trigonometri-

sche Berechnung der Winkel mit den drei Ebenen auf das genaueste festzulegen.

Zur Erklärung der Rechnung bedarf es einer Zeichnung (Abb. 23), die eng im Anschluß an Abb. 3 hergestellt wurde.

Ein anderes, etwas umständlicheres Verfahren der Winkelbestimmung macht für jede einzelne Bestimmung eine besondere Zeichnung erforderlich, in die die Größen für a—b, c—d und e jedesmal neu eingetragen werden müssen, ebenfalls unter Berücksichtigung des Rechnungsganges des ersten Verfahrens. Ein Beispiel ist in Abb. 25 durchgeführt von der ersten Achse auf der rechten Seite der ersten Wirbelsäule.

Abb. 23.



Räumliche Darstellung einer Rippenachse HK' in ihrem Verlaufe zu den drei Ebenen, gewonnen in Anlehnung an Abb. 3.

Waagerechte Ebene $= ABCH = A'B'C'H'$;
Stirnebene $= ABB'A' = CHH'C'$;
Mittelebene $= AC C'A' = BHH'B'$;
$AC = BH = a$ und $AB = CH = b$ bestimmen den Punkt H.
$AE = A'E' = DK = D'K' = b$ und $AD = A'D' = EK = E'K' = d$ bestimmen den Punkt K'.
$HL = H'L' = a - b$; $KL = K'L' = c - d$;
HK' stellt die Rippenachse dar (in diesem Falle nach links hinten oben ansteigend angenommen).
$H'K' = f =$ Aufriß von HK' auf die waagerechte Ebene.
$L'K' = g$ „ „ „ „ „ „ Stirnebene.
$MK' = h$ „ „ „ „ „ „ Mittelebene.
$AA' = BB' = HH' =$ Entfernung der beiden waagerechten Ebenen voneinander, d. h. Höhenunterschied der Punkte H und K'.
$AA' = e$.

Der Winkel der Achse mit der waagerechten Ebene heißt α.

Im rechtwinkligen Dreieck $HK'H'$ ist $\operatorname{tg}\alpha = e : f$; $f = (a-b)^2 + (c-d)^2$; $\operatorname{tg}\alpha = e : \sqrt{(a-b)^2 + (c-d)^2}$.

Der Winkel der Achse mit der Stirnebene heißt γ.

Im rechtwinkligen Dreieck HLK' ist $\operatorname{tg}\gamma = (a-b) : g$; $g = (c-d)^2 + e^2$; $\operatorname{tg}\gamma = (a-b) : \sqrt{(c-d)^2 + e^2}$.

Der Winkel der Achse mit der Mittelebene heißt β.

Im rechtwinkligen Dreieck HMK' ist $\operatorname{tg}\beta = (c-d) : h$; $h = (a-b)^2 + e^2$; $\operatorname{tg}\beta = (c-d) : \sqrt{(a-b)^2 + e^2}$.

Die Länge der Rippenachse d. h. die Verbindungslinie der Gelenkmittelpunkte an Wirbelkörper und Querfortsatz heißt i.

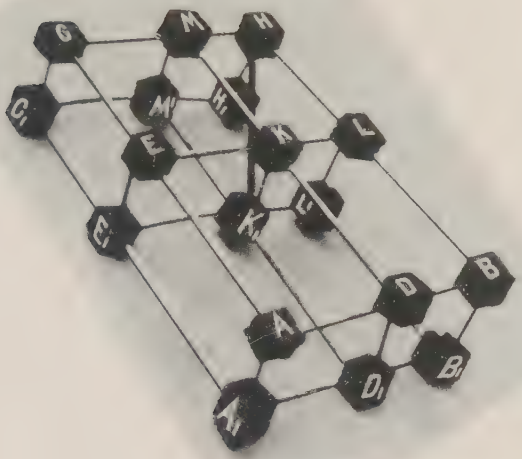
$HK' = i$.

Im rechtwinkligen Dreieck $HK'H'$ ist $\sin\alpha = e : i$; $i = e : \sin\alpha$.

Die Ergebnisse beider Verfahren stimmen überein. Die Ergebnisse des Zeichenverfahrens können auf Genauigkeit nicht dieselben Ansprüche machen wie die der Rechnung.

Danach folgen die an allen sechs Wirbelsäulen errechneten Werte für die Winkel zu den drei Ebenen. Siehe die Übersichtstafeln X, XI, XII.

Abb. 24.



Darstellung des Achsenverlaufs an einem Modell aus Draht und Korkstücken.

Die Ermittlung der Länge der Querfortsätze erfolgt ebenfalls durch Berechnung.

Bei einem Vergleich der Ergebnisse der Aufrißzeichnungen und der Rechnung muß man die Ergebnisse der Rechnung für die Winkel mit der waagerechten Ebene mit den Aufrissen der Achsen auf Mittel- und Stirnebene vergleichen, während die errechneten Winkel mit Mittel- und Stirnebene mit dem Aufriß auf die waagerechte Ebene zusammengestellt werden müssen. Bis auf die Abweichungen, die bei fast allen Achsen infolge der Verzerrung durch den Aufriß vorhanden sind, stimmen die Ergebnisse beider Verfahren in den großen Linien überein. Völlige Übereinstimmung besteht nur dann z. B. für die Winkel mit Mittel- oder Stirnebene, wenn die Achse in der waagerechten Ebene verläuft. Aus der Übersichtstafel X ist als Zeichen der Täuschung

Übersichtstafel IX.

Die Länge der Entfernungen der Mittelpunkte von Querfortsatzgelenk und Körpergelenk auf derselben Seite des Wirbels, gemessen aus den Aufrissen der Achsen auf die Stirn- und Mittelebene in Millimeter.

	1. Wirbelsäule				2. Wirbelsäule				3. Wirbelsäule			
	rechts		links		rechts		links		rechts		links	
	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene
I	22	14	20	14	19	14	22	16	20	11	21	12
II	20	17	20	21	22	16	17	17	20	21	18	19
III	20	17	17	18	16	16	17	14	14	16	15	19
IV	19	18	18	18	17	16	14	15	14	16	17	18
V	22	18	22	19	16	18	13	11	14	16	18	16
VI	19	19	20	17	11	15	14	15	14	18	16	15
VII	13	19	20	19	13	14	12	18	12	17	15	14
VIII	12	17	14	20	11	15	11	13	12	20	12	17
IX	12	16	15	19	11	14	10	16	10	20	9	20
X	13	20	8	12	9	16	8	15	9	14	8	17

	4. Wirbelsäule				5. Wirbelsäule				6. Wirbelsäule			
	rechts		links		rechts		links		rechts		links	
	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene	Stirnebene	Mittelebene
I	24	19	20	12	21	7	18	8	21	14	30	15
II	19	14	18	15	19	10	19	15	15	23	21	15
III	15	17	17	16	19	14	20	15	17	22	20	24
IV	13	16	18	18	21	13	15	16	15	27	21	23
V	11	14	18	16	20	12	17	19	17	25	17	21
VI	15	16	14	15	18	11	15	13	16	24	18	25
VII	13	15	13	15	18	10	13	13	19	23	20	22
VIII	15	11	13	15	15	12	11	13	10	22	21	21
IX	—	—	—	—	13	12	—	—	15	26	23	26
X	—	—	—	—	11	15	—	—	—	—	19	25

	Mittelwerte			Mittelwerte	
	aus der Stirnebene	aus der Mittelebene		aus der Stirnebene	aus der Mittelebene
I	21,5	13,0	VI	15,8	16,9
II	19,0	14,4	VII	15,1	16,6
III	17,3	17,3	VIII	13,1	16,3
IV	16,8	17,8	IX	13,1	18,8
V	17,1	17,1	X	10,6	16,7

Übersichtstafel X.

Die Winkel der Rippenachsen mit der waagerechten Ebene, ermittelt durch Rechnung in Winkelgraden

(+ über der waagerechten Ebene, — unter der waagerechten Ebene).

	1. Wirbelsäule		2. Wirbelsäule		3. Wirbelsäule	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
I	+ 8° 40′	+ 16° 48′	+ 18° 58′	+ 25° 55′	+ 18° 35′	+ 20° 14′
II	+ 11° 4′	+ 27° 53′	+ 13° 13′	+ 12° 16′	+ 19° 13′	+ 13° 26′
III	+ 13° 32′	+ 18° 53′	0°	+ 5° 6′	+ 5° 17′	+ 17° 29′
IV	+ 6° 37′	+ 15° 7′	— 9° 51′	+ 5° 34′	+ 8° 1′	+ 7° 19′
V	+ 1°	+ 12° 14′	— 9° 34′	+ 6° 49′	+ 2° 38′	+ 7° 12′
VI	— 4° 15′	+ 2° 9′	— 15° 51′	+ 2° 44′	+ 5° 11′	+ 2° 39′
VII	— 7° 36′	+ 1° 1′	— 2° 56′	+ 2° 41′	— 2° 45′	— 2°
VIII	— 5° 35′	— 5° 32′	+ 3° 8′	— 6° 34′	+ 2° 23′	0°
IX	— 14° 44′	— 23° 11′	0°	— 12° 8′	+ 2° 36′	0°
X	— 28° 32′	— 7° 54′	+ 6° 13′	— 3° 19′	— 6° 51′	— 3° 5′

	4. Wirbelsäule		5. Wirbelsäule		6. Wirbelsäule	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
I	+ 37° 31′	+ 25° 4′	— 10° 29′	+ 5° 46′	+ 11° 24′	+ 11° 29′
II	+ 27° 35′	+ 18° 25′	+ 7° 47′	+ 18° 6′	+ 10° 51′	+ 11° 26′
III	+ 25° 6′	+ 18° 15′	+ 7° 20′	+ 17° 16′	+ 6° 9′	— 1° 50′
IV	+ 18° 14′	+ 19° 11′	— 2° 19′	+ 8° 10′	+ 3° 40′	— 5° 34′
V	+ 3° 8′	+ 14° 49′	— 7° 32′	+ 4° 32′	— 3° 47′	— 11° 2′
VI	— 11° 2′	+ 2° 50′	— 8° 5′	+ 2° 50′	— 4° 6′	— 5° 30′
VII	— 14° 38′	0°	— 5° 32′	0°	— 9° 43′	— 7° 50′
VIII	— 19° 31′	— 8° 35′	— 9° 3′	— 3° 21′	— 4° 43′	— 16° 34′
IX	—	—	— 3° 14′	—	— 17° 58′	— 18° 1′
X	—	—	+ 3° 8′	—	—	— 24° 35′

durch die Zeichnungen zu erkennen, wie die Winkel alle kleiner sind, als aus den Aufrissen hervorgeht. Besonders stark tritt das an den oberen und unteren Achsen hervor. Das gleiche gilt auch für die Winkel mit der Mittel- und Stirnebene aus dem Aufriß auf die waagerechte Ebene, und ist daraus ersichtlich, daß die Summe der Winkel einer Achse mit Mittel- und Stirnebene nur dann 90 Grad betragen kann, wie in der Zeichnung immer, wenn die Achse in der waagerechten Ebene verläuft wie bei der neunten Achse auf der rechten Seite der zweiten Wirbelsäule und noch mehreren anderen. Sonst ist die Summe dieser Winkel immer umso kleiner, je steiler die Achse ansteigt oder abfällt.

Bezüglich der Einteilung der Achsen in Gruppen kann dem bei der Besprechung der Zeichnungen Gesagten nichts weiter hinzugefügt werden.

Zur Erreichung eines besseren Überblickes werden auch hier wieder aus den zwölf zur Verfügung stehenden Achsenfolgen die Mittelwerte errechnet (Übersichtstafel XIII).

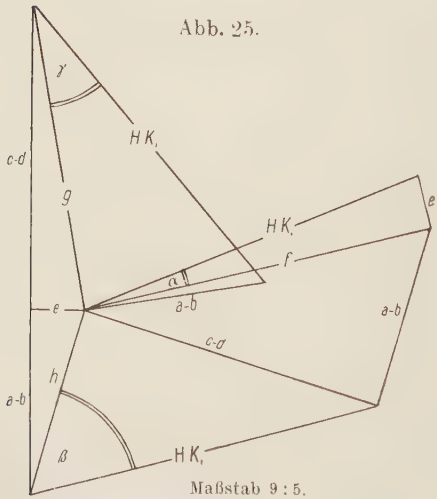
Übersichtstafel XI.

Die Winkel der Rippenachsen mit der Stirnebene, ermittelt durch Rechnung.

	1. Wirbelsäule		2. Wirbelsäule		3. Wirbelsäule	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
I	28° 25′	31° 6′	26° 33′	27° 11′	22° 46′	24° 15′
II	39° 20′	41° 30′	33° 34′	42° 51′	42° 35′	45° 44′
III	37° 13′	42° 57′	44° 7′	38° 28′	47° 32′	50° 38′
IV	42° 17′	41° 28′	41° 35′	46° 41′	48° 10′	44° 32′
V	38° 39′	39° 29′	46° 41′	38° 36′	49° 36′	42° 1′
VI	44° 50′	39° 38′	52° 21′	47° 50′	52° 3′	42° 7′
VII	56° 56′	43° 33′	45° 57′	55° 28′	54° 41′	29° 13′
VIII	53° 35′	54° 51′	52° 42′	48° 4′	58° 32′	54° 47′
IX	52° 3′	46° 13′	50° 36′	57° 12′	62° 44′	65° 13′
X	54° 19′	55° 30′	60° 3′	63° 58′	56° 38′	62° 35′

	4. Wirbelsäule		5. Wirbelsäule		6. Wirbelsäule	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
I	23° 33′	22° 7′	13° 10′	20° 37′	32° 16′	25° 33′
II	29° 5′	35° 57′	26° 52′	35° 15′	55° 57′	35° 7′
III	45°	40° 27′	35° 3′	34°	51° 52′	50° 9′
IV	49° 10′	42° 41′	31° 43′	45° 22′	59° 56′	47° 59′
V	52° 42′	39° 45′	30° 14′	48° 49′	55° 36′	50° 2′
VI	45° 51′	47° 56′	31° 4′	41° 55′	57° 13′	53° 8′
VII	47° 7′	48° 7′	28° 56′	45°	50° 55′	48° 34′
VIII	31° 57′	48° 21′	39° 1′	49° 38′	65° 7′	42° 40′
IX	—	—	42° 37′	—	59° 2′	46° 13′
X	—	—	52° 42′	—	—	48° 13′

Abb. 25.



Maßstab 9 : 5.

$e = 0.40$ cm;
$a - b = 1{,}35$ „
$c - d = 2{,}25$ „

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{e}{f} = \frac{e}{\sqrt{(a-b)^2 + (c-d)^2}};$$

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{c-d}{h} = \frac{c-d}{\sqrt{e^2 + (a-b)^2}};$$

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{a-b}{g} = \frac{a-b}{\sqrt{e^2 + (c-d)^2}}.$$

Ergebnisse der Zeichnung:

$\sphericalangle\ \alpha = 8^0\,30'$;
$\sphericalangle\ \beta = 58^0$;
$\sphericalangle\ \gamma = 29^0$.

Ergebnisse der Rechnung:

$\sphericalangle\ \alpha = 8^0\,40'$;
$\sphericalangle\ \beta = 57^0\,57'$;
$\sphericalangle\ \gamma = 28^0\,25'$.

Zeichnerische Darstellung der Winkel der Achse I. R der Wirbelsäule zu den drei Ebenen.

Übersichtstafel XII.

Die Winkel der Achsen mit der Mittelebene, durch Rechnung ermittelt.

	1. Wirbelsäule		2. Wirbelsäule		3. Wirbelsäule	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
I	57° 57′	53° 41′	56° 26′	50° 47′	59° 54′	57° 30′
II	48° 31′	35° 47′	53° 14′	44° 33′	41° 11′	41° 9′
III	49° 33′	37° 59′	45° 53′	51° 4′	41° 57′	33° 56′
IV	46° 56′	44° 37′	46° 43′	42° 46′	40° 41′	40° 12′
V	51° 20′	47° 54′	41° 42′	50° 34′	40° 15′	47° 4′
VI	44° 50′	50° 17′	33° 6′	42° 2′	37° 28′	47° 45′
VII	31° 57′	46° 25′	43° 53′	34° 23′	35° 10′	60° 41′
VIII	35° 50′	34° 28′	37° 7′	41° 10′	31° 20′	35° 13′
IX	34° 2′	34° 40′	39° 24′	29° 57′	27° 7′	24° 47′
X	19° 32′	33° 20′	29° 10′	25° 46′	32° 28′	27° 13′

	4. Wirbelsäule		5. Wirbelsäule		6. Wirbelsäule	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
I	43° 14′	55° 28′	73° 2′	68° 32′	56° 9′	61° 37′
II	47° 49′	48° 10′	61° 50′	49° 2′	31° 49′	52° 31′
III	34° 27′	43° 54′	53° 57′	49° 48′	37° 26′	39° 46′
IV	35° 3′	41° 6′	58° 10′	43° 28′	29° 47′	41° 28′
V	37° 7′	46° 27′	58° 38′	40° 49′	34° 7′	37° 49′
VI	42° 3′	41° 55′	57° 39′	47° 56′	32° 27′	36° 18′
VII	39° 10′	41° 52′	60° 28′	45°	37° 24′	40° 21′
VIII	51° 15′	40° 21′	49° 33′	40° 9′	24° 21′	42° 39′
IX	—	—	47° 11′	—	24° 18′	38° 14′
X	—	—	37° 7′	—	—	31° 21′

Übersichtstafel XIII.

Mittelwerte aus den Winkeln der Achsen mit der

	1. waagerechten Ebene	2. Stirnebene	3. Mittelebene
I	15,8	24,8	57,9
II	16,0	38,6	46,3
III	11,0	43,1	43,3
IV	6,2	44,9	42,6
V	1,5	44,3	44,5
VI	— 0,8	46,6	42,8
VII	— 4,1	46,1	43,1
VIII	— 6,4	49,9	38,6
IX	— 9,7	53,5	33,3
X	— 8,2	56,7	29,5

Die Mittelwerte der Winkel mit der waagerechten Ebene zeigen die erste und zweite Achse ziemlich gleich steil nach oben und außen aufsteigend, ja sogar die erste noch etwas weniger steil als die zweite. Dann folgt ein

Übersichtstafel XIV.

Die Summen der Winkel an den Achsen, die am meisten nach oben und nach unten von der waagerechten Ebene abweichen.

	1. Wirbelsäule		2. Wirbelsäule		3. Wirbelsäule	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
a)	13° 32′	27° 53′	18° 58′	25° 55′	19° 13′	20° 14′
b)	28° 32′	23° 11′	15° 51′	12° 8′	6° 51′	3° 5′
c)	42° 4′	51° 4′	34° 49′	38° 3′	26° 4′	23° 19′

	4. Wirbelsäule		5. Wirbelsäule		6. Wirbelsäule	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
a)	37° 31′	25° 4′	7° 47′	18° 6′	11° 24′	11° 29′
b)	19° 31′	8° 35′	9° 3′	3° 21′	17° 59′	24° 35′
c)	57° 2′	33° 39′	16° 50′	21° 27′	29° 22′	36° 4′

geradezu geradliniger Abfall bis zur neunten Achse, während die zehnte plötzlich wieder weniger steil nach unten abfällt. Der Übergang zwischen ansteigenden und absteigenden Winkeln liegt zwischen der fünften und sechsten Achse. Die unteren Achsen fallen nicht in dem Maße steil ab, wie die oberen ansteigen.

Denkt man sich an den Mittelwerten die zweite und neunte Achse in je einer Ebene verlaufend, die sich in einer waagerechten und zugleich stirnrechten Linie schneiden, so würden diese beiden Ebenen einen Winkel von 16 + 9,7 Grad, das sind 25,7 Grad, einschließen. Wie beträchtlich nach dieser Überlegung die Unterschiede sind, die bei jeder Achsenfolge zwischen der am steilsten ansteigenden und der am steilsten absteigenden Achse bestehen, geht aus der nächsten Übersichtstafel hervor.

In der Gruppe a sind alle größten Winkel über der waagerechten Ebene vereinigt, in der Gruppe b die darunter liegenden größten Winkel. Gruppe c enthält die Summen dieser beiden Winkel von jeder Achsenfolge.

Die Größe der Winkelsummen stellt das Maß der Auseinanderspreizung der Rippenachsen dar, die auf der rechten Seite der vierten Wirbelsäule mit 57 Grad am größten und auf der rechten Seite der fünften Wirbelsäule mit 17 Grad am kleinsten ist. Der Durchschnitt der Summen beider Winkel beträgt etwa 34 Grad, einen wesentlich größeren Wert als bei den Mittelwerten. Der Unterschied erklärt sich daraus, daß in der Rechnung es nicht immer die zweite und neunte Achse ist, die die größten Winkel bilden.

Bezüglich der Gruppeneinteilung hebt sich die erste Achse durch geringeres Ansteigen von den folgenden ab und bildet somit wieder die erste Gruppe. Die zweite bis fünfte Achse bildet durchweg ansteigend die zweite Gruppe. Die dritte Gruppe wird von den leicht abfallenden, aber doch mit am meisten

waagerechten Achsen der sechsten bis achten Rippe gebildet. Am steilsten steigt die vierte Gruppe mit der neunten Achse nach unten hin ab.

Die Winkel der Rippenachsen mit der Mittel- und Stirnebene gehören insofern zusammen, als sie mehr vom Bau des Wirbels selbst abhängig sind und weniger von der Stellung des Wirbels. Aus Tafel XIII ist ersichtlich, daß ein Sprung von der ersten zur zweiten Rippenachse erfolgt. Dann nehmen die Winkel mit der Mittelebene ab unter kleinen Schwankungen bis zum 7. Wirbel. Größeres Abnehmen erfolgt vom 8. bis zum 9. Wirbel. Umgekehrt nehmen die Winkel mit der Stirnebene zu, wieder unter kleinen Schwankungen bis zur siebenten Rippe — die Schwankungen entsprechen einander bis ins Einzelne — um vom 8. über den 9. bis zum 10. Wirbel in großen Sprüngen anzusteigen. Die Unterschiede sind zu klein, um zwischen dem 2. und 8. Wirbel noch eine Untergruppe zu bilden.

Der Vergleich der errechneten Winkel mit der Stirnebene mit den von R. Fick gefundenen Werten bringt noch bessere Übereinstimmung als die aus den Zeichnungen gewonnenen Größen, indem die ersten sowohl wie die letzten Achsen noch eine Verkleinerung ihrer Winkel, wie oben angegeben, erfahren.

Ganz abgesehen von der Höhe der einzelnen Wirbelkörper und von der Lage der Körpergelenkflächen an oder zwischen ihnen kann man zwei Hauptgesichtspunkte einer Untersuchung über die Bedingungen des Achsenverlaufs festhalten: in erster Linie Richtung, Drehung und Länge des Querfortsatzes und zweitens die Stellung des gesamten Wirbels im Verbande mit den anderen Wirbeln.

Im Grundriß auf die waagerechte Ebene wurde gezeigt, wie eine Drehung des Wirbels um eine senkrechte Achse die Stellung der Achsen zu beeinflussen vermag.

Ferner konnte aus dem Aufriß der Achsen auf die Stirnebene der Einfluß einer seitlichen Drehung des Wirbels um eine pfeilrechte Achse wenigstens mit Sicherheit angenommen werden.

Mit größerer Bestimmtheit ergibt sich ein Zusammenhang der Achsenabweichung von der waagerechten Ebene mit einer Neigung bzw. Drehung des Wirbels um eine stirnrechte Achse, die in der pfeilrechten Krümmung der Wirbelsäule zum Ausdruck kommt. Wenn die Winkel der Übersichtstafel XIII mit den größten Entfernungen der vorderen Achsenpunkte von der Stirnebene — jede Wirbelsäule ist längsgeteilt gedacht — aus dem Aufriß auf die Mittelebene als Maß der Krümmung in Beziehung gesetzt werden, so läßt sich bei Aufstellung nach der Größe der letzteren mit deutlicher Übereinstimmung feststellen, daß je stärker die Krümmung ist, umso größer sich auch die fächerförmige Aufspreizung der Achsen darbietet. Am schlechtesten fügt sich hier wieder die sechste Wirbelsäule, die oben schon angezweifelt wurde, in den Rahmen der anderen ein. Die Gruppen, die nicht in die Auf-

Übersichtstafel XV.

Zusammenstellung der Maße für die Krümmung der Wirbelsäulen in der Mittelebene in Millimeter und für die Aufspreizung der Achsen über und unter der waagerechten Ebene in Winkelgraden.

1.

4. R.	1. L.	4. L.	3. R.	3. L.	5. L.	5. R.
66 mm	64 mm	61 mm	52 mm	52 mm	48 mm	45 mm
57°	51°	34°	26°	23°	21°	16°

2.

1. R.	2. L.	2. R.	6. L.	6. R.
67 mm	60 mm	59 mm	46 mm	45 mm
42°	38°	34°	36°	29°

stellung hineinpassen, werden in einer zweiten Zusammenstellung, die etwa dasselbe Verhalten zeigt, wiedergegeben. Siehe die Übersichtstafel XV.

Der Schluß auf die Abhängigkeit der Stellung der Rippenachsen von der Stellung der Wirbel zu den drei Ebenen kann in vollem Ausmaße erst dann gezogen werden, wenn die Stellung der Querfortsätze bekannt ist, die ebenso Abweichungen in der Stellung der Wirbelkörper ausgleichen können, wie sie die Ursache eines unregelmäßigen Achsenverlaufs sein können. Weniger wichtig als die Richtung des Querfortsatzes ist seine Länge für die Bestimmung der Achse. Man schließt auf die Länge durch Errechnung der wahren Entfernungen der Gelenkmittelpunkte des Körpers und des Querfortsatzes. (Ergebnisse in der Übersichtstafel XVI.)

Übereinstimmend bei fast allen angeführten Wirbelsäulen nimmt die Länge der errechneten Entfernungen nach unten hin ab. Nur die sechste Wirbelsäule macht davon wieder eine Ausnahme. Die Unterschiede zwischen kleinsten und größten Werten an den einzelnen Reihen sind nicht sehr groß. Sie schwanken zwischen 28,6 — 14,6 = 14 mm auf der linken Seite der ersten Wirbelsäule und 25,3 — 17,1 = 8,2 mm auf der linken Seite der fünften Wirbelsäule. Bei den Mittelwerten ist der größte Unterschied 24,7 — 19,4 = 5,3 mm zwischen zweitem und zehntem Querfortsatz. Die Entfernung am 1. Brustwirbel, die nur in 8 von 12 Fällen kleiner ist als die folgenden, ist hier auch um 0,8 mm kleiner als die folgende. Der zweite Durchschnittswert ist der größte.

Die Gruppeneinteilung an den Mittelwerten der Gelenkmittelpunktsverbindungslinien ergibt wieder die Sonderstellung des 1. Wirbels, dessen Querfortsatz, kürzer als die folgenden, die erste Gruppe bildet. Die zweite Gruppe vom 2. bis zum 5. Wirbel zeichnet sich durch auffallend gleich große

Übersichtstafel XVI.

Entfernungen zwischen den Gelenkmittelpunkten des Wirbelkörpers und der Querfortsätze derselben Seite, gewonnen durch Rechnung in Millimeter.

	1. Wirbelsäule		2. Wirbelsäule		3. Wirbelsäule	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links
I	26,5	24,4	24,6	25,6	22,0	23,3
II	26,0	25,7	26,5	23,5	27,5	26,0
III	25,6	27,9	23	22,5	21,7	23,3
IV	26,0	25,1	23,4	20,6	21,5	23,6
V	28,7	28,6	24,1	16,8	21,8	23,9
VI	26,9	26,7	18,3	21,0	22,1	21,6
VII	22,7	28,2	19,5	21,4	20,8	28,7
VIII	20,6	25,8	18,3	17,5	24,0	21
IX	19,7	23,0	18	19,0	22,0	21
X	20,9	14,6	18,5	17,3	16,8	18,6

	4. Wirbelsäule		5. Wirbelsäule		6. Wirbelsäule		Durchschnittswerte
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	
I	26,3	21,4	22,0	19,9	20,2	30,4	**23,9**
II	21,6	22,2	22,6	22,5	26,6	25,2	24,7
III	21,3	22,4	23,5	23,6	28,0	31,3	24,5
IV	19,3	24,5	26,5	21,1	31,3	30,9	**24,5**
V	18,3	23,7	22,9	25,3	30,3	26,1	**24,2**
VI	20,9	20,3	21,4	20,2	28,0	31,3	23,2
VII	19,8	19,5	20,7	18,5	29,6	29,4	**23,2**
VIII	18,1	20,1	19,1	17,1	24,3	28,2	**21,2**
IX	—	—	17,7	—	29,3	29,3	22,1
X	—	—	18,3	—	—	30,1	19.4

Werte aus. Die dritte Gruppe kennzeichnet sich durch leichte Abnahme nach unten hin, ebenso die vierte Gruppe nach vorübergehender Zunahme am 9. Wirbel. Bis zum 7. Wirbel schwanken die Größen höchstens um 1,5 mm, während allein bei den unteren eine deutliche Abnahme erfolgt. Das letztere erklärt auch die stockende Zunahme der Länge im Aufriß auf die Mittelebene. Die Entfernung der Gelenkmittelpunkte kann an den ersten sieben Wirbeln wegen ihrer durchweg fast gleichen Größe nur wenig die Richtung der Achsen beeinflussen. Allein an den unteren Wirbeln ermöglicht die Kürze der Entfernungen, daß auch nur ganz geringe Ausschläge des hinteren Querfortsatzendes eine stärkere Änderung der Querfortsatzrichtung herbeiführen, als wenn dieser länger wäre.

Wie weit die Maße als Durchschnittswerte anzusehen sind, kann erst eine größere Anzahl von Untersuchungen lehren. Bei einer Verdrehung des Bogenteiles zum Körper an verkrümmten Wirbelsäulen fanden sich Entfernungen beider Gelenkmitten von 13—15 mm, die hier nirgends erreicht werden (Riedinger, Morphologie und Mechanismus der Skoliose 1901).

Aus den Berechnungen folgt, daß im allgemeinen die Lage der Rippenachsen in einer waagerechten Ebene nur für die mittleren Rippen gilt, dagegen die oberen und unteren in schrägen Ebenen nach oben hinten und unten hinten verlaufen, entsprechend der Krümmung der Wirbelsäule in der Pfeilebene. Da auch bei stärkster Rückbeugung diese Krümmung nie ganz verschwindet, wie eine Wirbelsäule von H. Virchow zeigt, sondern wohl immer eine schwache Brustkrümmung bleibt, bleibt auch die gegenseitige Lage der Rippenachsen bestehen.

Welchen Einfluß diese Achsenlage auf die Rippenbewegung hat, bedarf noch der Nachprüfung. An einer stark gekrümmten Wirbelsäule müssen sich die Rippen anders bewegen als an einer schwach gekrümmten, nicht nur im Ausmaß, sondern auch in der Richtung.

Neben der Stellung der Wirbel im ganzen ist von besonderer Bedeutung die Stellung der Querfortsätze zu ihrem Wirbelkörper, und zwar die Winkel, die sie mit der Mittelebene bilden und mit der durch die untere Fläche gegebenen Grundebene des Wirbels; außerdem die verschiedene Lage der Gelenkflächen auf dem Querfortsatz, die an den tieferen Rippen an die Oberseite rückt.

Wie die Stellung der Gelenkfortsätze schon durch R. Fick eine eingehende Darstellung erfahren hat in ihrer Bedeutung für die Wirbelsäulenbewegung, so ist die Stellung der Querfortsätze von Bedeutung für die Rippenbewegung, und die Seitenungleichheit ihrer Lage könnte wohl zum Verständnis der Entstehung von Wirbelsäulenverkrümmungen beitragen. So zeigt sich, daß die Frage Biesalskis nach der Lage aller Rippenachsen zueinander eine Lücke aufdeckt in unserer Kenntnis vom Bau des Wirbels in allen seinen Teilen. Die genaue Form jedes Wirbels ist aber die Grundlage für jede Erforschung der Wirbelsäulenverkrümmungen.

Lebenslauf.

Ich, Heinz Witzleb, wurde am 5. Januar 1909 in Zeitz als Sohn des dortigen Mühlenbesitzers Ernst Witzleb und seiner Ehefrau Anna, geb. Reyher, geboren. Beide Eltern entstammen arischen Familien. Am Geburtsorte besuchte ich ab 1915 zunächst 3 Jahre lang die Mittelschule und ging danach in die Oberrealschule bis zur Quarta. Im Sommer 1920 verlegten meine Eltern ihren Wohnsitz nach Bad Saarow-Mark. Ich mußte daher auf das Gymnasium in Fürstenwalde a. d. Spree übersiedeln und die entsprechenden Kenntnisse nachholen. 1927 legte ich an der gleichen Anstalt die Reifeprüfung ab. Im selben Jahre wurde ich an der Berliner Universität immatrikuliert, um Medizin zu studieren. Die vorgeschriebenen 11 Studiensemester belegte ich in Berlin bis auf das Sommersemester 1930, das ich nach bestandener Vorprüfung in Innsbruck verbrachte. Der Abschluss des Medizinstudiums erfolgte im Herbst 1932. Das Medizinische Staatsexamen vollendete ich am 4. April 1932 vor dem Berliner Prüfungsausschuß. Die vorliegende Arbeit wurde im Herbst 1930 begonnen und neben dem Studium unter der freundlichen Leitung des Herrn Privatdozenten Dr. Friedel, dem ich deshalb zu großem Dank verpflichtet bin, fortgeführt. Die im Herbst 1932 abgeschlossene Arbeit wurde Anfang 1933 in der Zeitschrift für orthopädische Chirurgie veröffentlicht. Die Genehmigung, die Arbeit als Dissertation zu verwenden, erfolgte nachträglich. Die zur Promotion erforderlichen Kolloquien wurden am 14. Oktober als bestanden nachgewiesen.